

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO SOBRE LA RECOLECCION, TRANSPORTE
Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS
EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

GABRIEL URRUTIA MENDIZABAL
AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1,996


08
T (3808)
c.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO SOBRE LA RECOLECCION, TRANSPORTE Y
DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS
EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA

tema que me fuera asignado por la Dirección de la escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de Julio de 1,993.


Gabriel Urrutia Mendizabal.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Julio Ismael González Podszueck.
VOCAL 1º: Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.
VOCAL 2º: Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
VOCAL 3º: Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.
VOCAL 4º: Br. Fernando Waldemar de León Contreras.
VOCAL 5º: Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor.
SECRETARIO: Ing. Francisco Javier González López.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Jorge Mario Morales González.
EXAMINADOR: Ing. Jose Eduardo Ramírez Saravia.
EXAMINADOR: Ing. Juan José Sandoval
EXAMINADOR: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco.
SECRETARIO: Ing. Edgar José Bravatti Castro.

Guatemala, 21 de Agosto de 1996

Ingeniero
Marco Tulio Ventura Roldán
Jefe del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Estimado Ing. Ventura:

Atentamente, me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que como Asesor de la Tesis "ESTUDIO SOBRE LA RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA", he revisado la misma y según mi criterio cumple con el contenido aprobado y con los propósitos establecidos, dando soluciones técnicas al problema de las basuras de Escuintla. En tal sentido me permito aprobarla, pudiendo continuar con los trámites correspondientes.

Cordialmente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Julio G. García Ovalle
ASESOR.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 18 de septiembre de 1996

Ingeniero
Jack Douglas Ibarra Solorzano
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA CIVIL
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Por este medio actuando como Jefe del Departamento de Hidráulica le comunico que el trabajo de tesis del estudiante universitario GABRIEL URRUTIA MENDIZABAL, con carnet 42942 titulado: "ESTUDIO SOBRE LA RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA", ha sido satisfactoriamente concluido, así como todas aquellas observaciones de índole técnico que este Departamento hiciera en su debida oportunidad, las cuales han sido incluidas en este trabajo de tesis, por lo que el presente trabajo se dá por aprobado.

En base a lo anterior, me permito sugerir dicho trabajo para investigaciones y proyectos futuros que vienen a beneficiar a diferentes comunidades de nuestro país.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Marco-Tulio Ventura Roldán
Ingeniero Hidráulico
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Julio Guillermo García Ovalle y Jefe del Departamento de Hidráulica Ing. Marco Tulio Ventura Roldán, el trabajo de tesis del estudiante Gabriel Urrutia Mendizabal, titulado "ESTUDIO SOBRE LA RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE I LA CIUDAD DE ESCUINTLA", da por este medio su tesis.

Ing.
—

Solórzano



Guatemala, septiemb

JDIS/isa.

Biblioteca Central



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis "ESTUDIO SOBRE LA RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA", del estudiante Gabriel Urrutia Mendizabal, a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO



Guatemala, septiembre de 1,996

/isa.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios Todo Poderoso: Por haberme permitido alcanzar esta meta

Mi Asesor: Ing. Julio Guillermo García Ovalle.
Por el apoyo y colaboración brindados.

**Caporal del
servicio de
limpieza Municipal:** Sr. Salomón Lemus.
Por su valiosa información.

**Operario de lim-
pieza de los Mer-
cados Nos. 1, 2.** Sr. Simón Peralta.
Por su valiosa ayuda.

Todas las Instituciones y personas que me prestaron su colaboración

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

Jose Antonio Urrutia O. (Q.E.P.D.).
Zoila Mendizábal de U. (Q.E.P.D.).

MI ESPOSA

Elisa Angelica Ruano de Urrutia.

MIS HERMANOS

Raúl, Victor Alfredo (Q.E.P.D.), Gustavo Adolfo,
Hilda María y Eleonora.

MIS AMIGOS

En especial a Jose Luis Alvarez.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 Generales.	1
1.1.2 Específicos.	2
1.2 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	2
1.2.1 Antecedentes.	2
1.2.2 Aspectos Generales de la Población.	3
a) Aspectos Físicos.	3
b) Vías de Comunicación.	4
c) Población.	4
d) Económicos.	4
e) Servicios.	5
f) Educación.	5
1.2.3 Descripción del Servicio Existente.	5
1.3 HIPOTESIS	7
2. MARCO LOGICO CONCEPTUAL	7
2.1 IMPORTANCIA DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE LA BASURA.	7
2.1.1 Aspectos Sanitarios.	8
2.1.2 Bienestar.	8
2.1.3 Importancia Social.	8
2.1.4 Importancia Ambiental.	9
2.2 FACTORES QUE INCIDEN EN LA COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.	9
2.3 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.	9
2.4 CARACTERISTICAS DE LA BASURA.	10
a) Características Físicas.	10
b) Características Químicas.	10
2.5 ANALISIS DE LA COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.	10
2.5.1 Composición Cualitativa.	10
2.5.2 Composición Cuantitativa.	11

2.6	DENSIDAD DE LA BASURA Y CANTIDAD DE BASURA PRODUCIDA.	12
3.	PRODUCCION CITADINA.	12
3.1	ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES.	12
3.2	ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS.	13
3.3	MERCADOS MUNICIPALES.	13
3.4	BARRIDO DE CALLES.	13
3.5	DE ORIGEN DOMICILIAR.	14
	3.5.1 Producción de Basura Domiciliar.	15
3.6	PRODUCCION TOTAL DE BASURA (1,996).	15
3.7	PRODUCCION FUTURA DE BASURA.	16
	3.7.1 De origen Domiciliar en el Area Urbana.	17
	3.7.2 De origen Domiciliar, Comercial. Institucional y barrido de calles.	17
	3.7.3 Producción de basura en la Ciudad de Escuintla.	17
3.8	PORCENTAJES DE RECUPERACION DE MATERIALES EN LOS DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARES.	18
	3.8.1 De materiales reciclables.	19
	3.8.2 De material orgánico.	19
4.	ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA LA DISPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.	19
4.1	BOTADERO A CIELO ABIERTO.	19
4.2	RELLENO SANITARIO.	19
	4.2.1 Método de Trinchera.	20
	4.2.2 Método de Area.	20
	4.2.3 Método de Vaguada/Depresión.	20
4.3	INCINERACION.	20
4.4	TRANSFORMACION DE LA BASURA EN COMPOST.	21
4.5	ALTERNATIVA SELECCIONADA.	22
	4.5.1 Area requerida para disposición de la basura en un período de 10 años.	22

5.	PROPUESTA PARA LA PRIMERA ETAPA.	23
5.1	DESCRIPCION DEL TERRENO.	24
5.2	PRODUCCION DE BASURA EN LA ZONA No. 1.	24
5.2.1	Area requerida para el relleno.	25
5.2.2	Vida útil del terreno.	27
5.3	RECOLECCION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.	28
5.3.1	Cobertura de Servicio.	29
5.3.2	Frecuencia de la Recolección.	29
5.3.3	Equipo para la Recolección.	29
5.3.4	Tipo y puntos de Recolección.	32
5.3.5	Ruta de la Recolección.	32
5.3.6	Resumen del equipo para Recolección.	33
6.	DISPOSICION FINAL POR MEDIO DE RELLENO TEMPORAL OPERADO MANUALMENTE.	34
6.1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.	34
6.2	METODO DE TRINCHERA.	34
6.2.1	Preparación de las Zanjas.	34
6.2.2	Construcción de las Celdas.	35
6.2.3	Obras Complementarias.	36
6.3	PERSONAL Y EQUIPO PARA EL RELLENO.	36
7.	OBRA CIVIL.	37
7.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS.	38
7.2	AREA DE DESCARGA Y PARQUEO DE CAMIONES.	38
7.3	CONSTRUCCIONES TECHADAS.	38
7.4	INSTALACIONES.	38
7.5	PERSONAL Y EQUIPO PARA LAS AREAS DE RELLENO Y CLASIFICACION.	39
8.	CONCLUSIONES.	40
9.	RECOMENDACIONES.	41
10.	BIBLIOGRAFIA.	43
11.	ANEXOS.	45

INDICE DE CUADROS

No. 1	Personal de limpieza Municipal	7
No. 2	Caracterización de la basura	12
No. 3	Incremento de la producción per-cápita	14
No. 4	Producción de basura domiciliar en el área urbana.	17
No. 5	Producción total de basura en el área urbana.	17
No. 6	Producción total de basura en la ciudad.	18
No. 7	Porcentajes de recuperación de materiales en la basura de origen domiciliar.	18
No. 8	Area requerida para disposición de basura de toda la ciudad.	23
No. 9	Producción de basura en la Zona No. 1.	25
No.10	Area requerida para disposición de basura de la Zona No. 1, Sin clasificar.	26
No.11	Area requerida para disposición de basura de la Zona No. 1, Clasificada.	27

ANEXOS

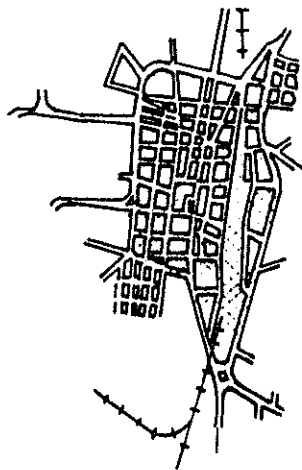
No. 1	Mapa de Zonas de la Ciudad con ubicación de basureros clandestinos.	45
No. 2	Curvas de crecimiento poblacional y gráficas de producción de basura.	46
No. 3	Planos de rutas, diseño del complejo de disposición final y detalles.	47
No. 4	Cálculo del drenaje del liquido lixiviado.	48
No. 5	Costo estimativo del sistema.	50

GLOSARIO

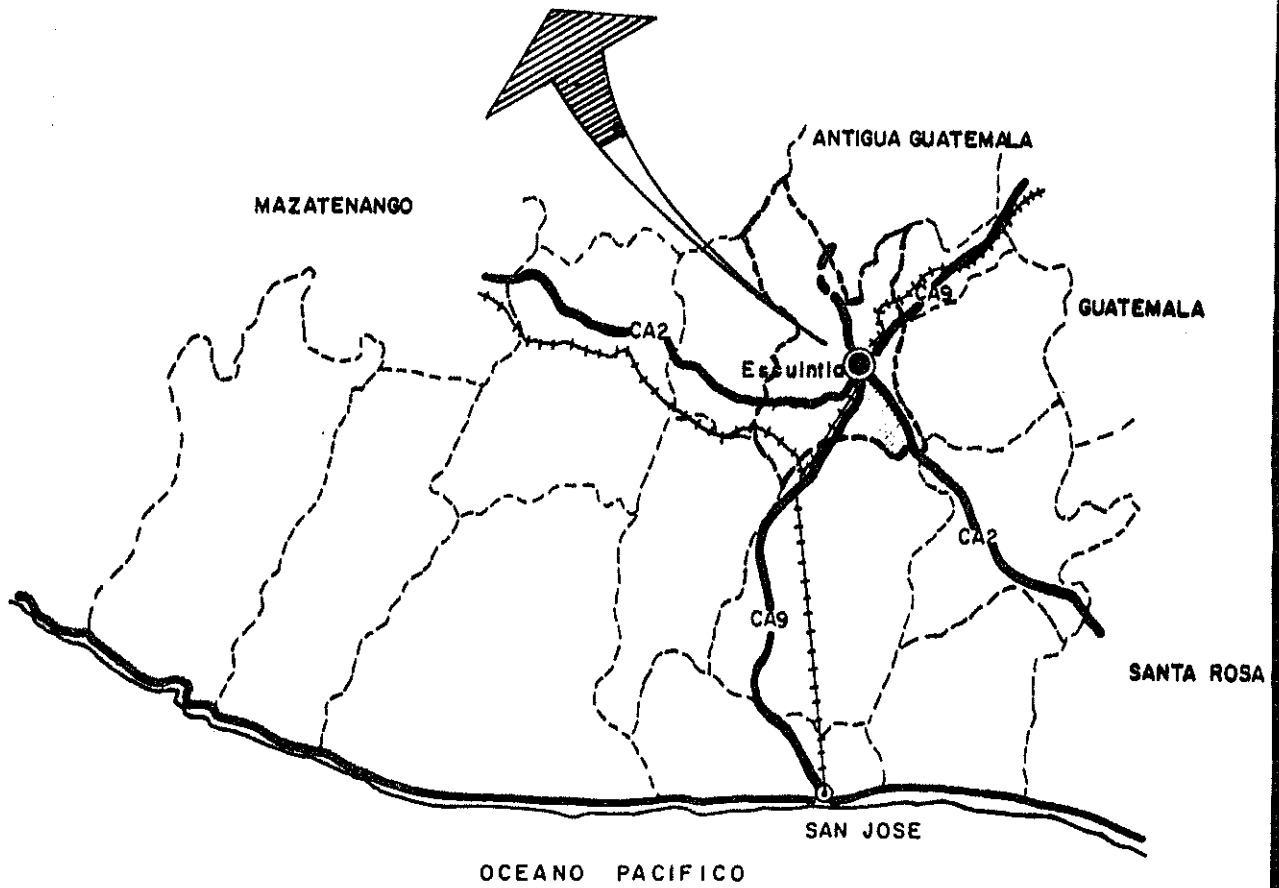
CELDA	Volumen de material depositado en un relleno durante un ciclo de explotación, normalmente un día. Una celda incluye los desechos sólidos depositados y el material de cubrimiento.
COMPOST	En terminos generales se define como, el producto de la descomposición biológica de la materia orgánica y que tiende a transformarse en un humus estabilizado, que se puede aprovechar para mejorar la fertilidad de terrenos agrícolas.
FRENTE DE TRABAJO	Zona del relleno donde se descargan, colocan y compactan los residuos sólidos durante un período dado de operación.
LIXIVIADO	Resultado de la descomposición de los materiales depositados en un relleno sanitario, y los productos de reacciones químicas y bioquímicas que se producen dentro del mismo.
RECHAZOS	De los desechos sólidos son componentes de los residuos que no se reciclan y quedan despues del procesamiento en una instalación para la recuperación de materiales.
RECICLAR	Se toma el producto y se reintroduce al ciclo de producción para la fabricación del mismo producto.
RECUPERAR	Proceso que consiste en la obtención de materiales secundarios de los residuos sólidos para su reciclaje o reuso.
RELLENO SANITARIO	Instalación para la evacuación de residuos sólidos urbanos, diseñado para minimizar los impactos ambientales y sobre la salud pública.
REUSAR	Se denota al uso del material o producto, tal como es, más de una vez.



DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA
PRINCIPALES VIAS DE
COMUNICACION



ZONA N° 1 DE
LA CIUDAD DE
ESCUINTLA



PLANO DE UBICACION

1. INTRODUCCION.

Con el progreso y desarrollo de las ciudades, la producción de basura ha ido aumentando de tal forma que ha llegado a ser un problema de grandes proporciones, que pone en peligro la salud y el ornato de una comunidad, cuando no se le da la importancia requerida para recolectar y disponer de ella adecuadamente.

La Ciudad de Escuintla con su crecimiento comercial y proceso de urbanización acelerados, actualmente está sufriendo este problema, el cual se agudiza cada día más por la falta de recolección y disposición final de desechos sólidos, lo que trae como consecuencia el incremento al deterioro del medio ambiente con la creación de botaderos a cielo abierto (clandestinos), contaminando con los desechos, al aire, el suelo y al agua de los rios, lo que le da la apariencia de una ciudad sucia e insalubre. Por lo que se hace urgente realizar un estudio de opciones de solución, para la localización de un lugar apropiado para basurero y el sistema de disposición técnicamente adecuado de los desechos; con las condiciones, normas y reglamentos necesarios para su operación.

Esta situación motivó a elegir y enfocar el estudio de Investigación de Tesis de Ingeniería Civil con el objetivo de elaborar un estudio sobre la recolección y disposición final de los residuos sólidos para darle solución al problema de la basura en la ciudad.

Teniendo conocimiento que el problema existe y que hay que darle una solución inmediata, que sea técnica y económicamente factible, en este estudio se trata de buscar la solución más adecuada, dando los lineamientos técnicos básicos para poner en marcha un proyecto de esta naturaleza.

El presente proyecto está diseñado en un terreno obtenido recientemente por la Municipalidad, con una extensión de 8 hectáreas y ubicado sobre la ruta que conduce hacia Taxisco, aproximadamente a 10.5 Kms. de la ciudad de Escuintla (Ver plano de localización en el Anexo No. 3).

Aunque el terreno no reúne las características ideales para la construcción de un relleno sanitario, con el diseño que se presenta se trata de aprovechar al máximo el área para realizar un proyecto que sea funcional, cumpliendo con el propósito de disponer de la basura sin contaminar el medio ambiente.

1.1 OBJETIVOS:

1.1.1 Generales

Realizar un estudio para la recolección tecnificada de la basura y de esta forma darle un aspecto agradable a la ciudad.

Disponer adecuadamente de los desechos sólidos.

1.1.2 Específicos

Mejorar las condiciones estéticas de la población con la eliminación de los puntos que actualmente se usan como disposición final de basura (basureros clandestinos), dentro de la ciudad.

Hacer una buena disposición de la Basura sin contaminar el ambiente, para mejorar las condiciones de salud de la población en el área urbana.

1.2 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL:

1.2.1 ANTECEDENTES

El problema de los desechos sólidos en la ciudad de Escuintla comienza a hacerse más evidente cuando el incremento en la producción de basura supera la capacidad de recolección, que el limitado servicio de limpieza actual es capaz de realizar.

La recolección de basura de la ciudad, inicialmente se hacia por medio de un tren de aseo municipal, el cual prestaba el servicio a nivel domiciliario, de mercados, edificios públicos y barrido de calles; disponiendo de la basura en un botadero a cielo abierto, localizado aproximadamente a 15 kms sobre la carretera que conduce a la ciudad de Antigua Guatemala.

En aquel tiempo se contaba con un camión para basura con equipo de compactación, y era adecuado para la cantidad de basura que se producía diariamente. Este servicio se dejó de hacer aproximadamente en el año de 1,978, cuando venció la vida útil del vehículo, y ya no se reemplazó, quedando hasta la fecha el servicio limitado a la limpieza de la basura de mercados, barrido de calles y lugares públicos, con otros camiones no apropiados para tal fin y que no son exclusivos del sistema de limpieza.

Actualmente no se ha realizado un estudio completo respecto a la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos en la ciudad de Escuintla, aunque la municipalidad ha estado constantemente interesada por encontrar una solución favorable y adecuada del problema de la basura.

De la investigación realizada, se sabe que han habido varias tentativas para dar solución al problema de la limpieza pública de la ciudad, entre las que se mencionan a continuación:

1. En el año de 1,992 se realizó un muestreo sobre la producción de basura a nivel domiciliario, con el fin de elaborar un proyecto de recolección y disposición de basura; patrocinado por la Cámara de Comercio y la Municipalidad Escuintleca, pero debido a limitaciones financieras ya no se le dió solución al problema.

2. En el año de 1,992, la Municipalidad autorizó el funcionamiento de una empresa de recolección de basura, que comenzó a hacer el servicio en toda la ciudad y algunas colonias, utilizando cuatro unidades, con una frecuencia de dos veces a la semana. La basura la disponía en una depresión artificial, resultante de la extracción de material para construcción, que distaba de la ciudad a 1.5 kms. en la carretera hacia el Puerto Quetzal.

El servicio se mantuvo por 6 meses y dejó de hacerse por falta de financiamiento y problemas de transporte.

3. En Junio de 1,995 se dan los primeros pasos para el establecimiento de una planta procesadora de basura (clasificación y disposición de basura con posible producción de compost), la cual actualmente está funcionando solamente como clasificadora, porque debido a limitaciones técnicas y financieras, su capacidad de procesamiento es muy limitada, por lo que el problema de la basura aún está presente.

1.2.2 ASPECTOS GENERALES DE LA POBLACION

a) ASPECTOS FISICOS:

La ciudad de Escuintla es la cabecera del departamento de Escuintla, y su Municipalidad está clasificada como de primera categoría. El municipio tiene una extensión aproximada de 332 Kms², con los siguientes límites:

- AL NORTE:** Con el Municipio de Yepocapa (Chimaltenango).
- AL ESTE:** Con los Municipios de Palín, San Vicente Pacaya y Guanagazapa (Escuintla).
- AL SUR:** Con el Municipio de Masagua (Escuintla).
- AL OESTE:** Con los Municipios de La Democracia, Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa (Escuintla).

La elevación de la Ciudad es de 346.91 mts. sobre el nivel de mar (SNM), en el monumento geodesico (B.M.), localizado en el parque Central, con las siguientes coordenadas:

- Latitud: 14° 18' 03"
- Longitud: 90° 47' 08"

Según los datos del INSIVUMEH, Escuintla tiene las siguientes características meteorológicas:

CLIMA:	Cálido y muy humedo.
TEMPERATURA MEDIA:	24.2° C
TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA:	36.5° C
TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA:	10.0° C
PRECIPITACION ANUAL:	3,142.8 mm.
HUMEDAD RELATIVA:	79%
EVAPORACION INTEMPERIE:	96.3 mm.

b) VIAS DE COMUNICACION:

El municipio es atravesado de Norte a Sur por la carretera Interoceánica CA-9 que del Puerto de San José va a Puerto Barrios. La carretera Internacional del Pacifico CA-2, que de la frontera de Mexico enlaza con el sistema vial de El Salvador, asi como con otras rutas nacionales, departamentales y municipales que unen a la cabecera y sus poblados con los municipios vecinos. Otra importante via de comunicación con que cuenta el municipio es el sistema ferroviario que lo recorre de norte a sur.

c) POBLACION:

Según el último censo nacional realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) el 17 de abril de 1,994, el municipio de Escuintla tiene una población de 49,026 habitantes en el área urbana y 40,888 habitantes en el área rural. Resultando una tasa de crecimiento poblacional del 2.5% en el período comprendido entre los censos del 23/03/81 y 17/04/94.

d) ECONOMIA:

La actividad productiva predominante es la agrícola, siendo sus productos principales el maíz, el frijol, la caña de azúcar y el plátano.

Como industrias principales se pueden mencionar, la ganadería, la lechera, la fabricación de papel y la más importante: la azucarera. También están la mayoría de las fábricas procesadoras de semilla de algodón.

En el área urbana la principal actividad económica está relacionada con el comercio, contando la ciudad con aproximadamente 900 establecimientos comerciales de todo tipo, cuatro mercados municipales y dos centros comerciales.

e) SERVICIOS EXISTENTES:

Escuintla por ser una ciudad de enlace, cuenta con la mayoría de los servicios públicos y privados.

Servicios Públicos: agua potable, drenajes de aguas negras y pluvial, energía eléctrica, red telefónica, hospital nacional, correos y telegrafos, etc., así como muchas de las oficinas de servicios de gobierno.

Servicios Privados: entre éstos cuenta con bancos, hospitales y sanatorios, oficinas de servicio tales como la Cámara de Comercio e Industria, Asociación de azucareros, etc.

f) EDUCACION:

En este renglón la ciudad cuenta con 31 centros educativos públicos (25 del nivel primario y 6 del nivel medio), 53 centros educativos privados (32 del nivel primario y 21 del nivel medio), además funcionan 4 institutos por cooperativa y 2 centros universitarios.

1.2.3 DESCRIPCION DEL SERVICIO DE LIMPIEZA EXISTENTE:

La Municipalidad realiza el servicio de limpieza de calles, parques, escuelas e instituciones públicas y mercados.

La recolección de basura de origen domiciliar y comercial del área urbana y colonias en la periferia de la ciudad, es realizada por 6 camiones pequeños y no aptos para la operación de transporte de basura, además operan 7 carretas de tracción humana, prestando el servicio 2 veces a la semana y cubriendo aproximadamente un 40% de la población.

Estos recolectores carecen de toda regulación y organización por parte de la Municipalidad. Cada uno opera por cuenta propia, no hay distribución de rutas ni tienen un horario fijo para pasar recolectando, pues los recorridos los hacen desordenadamente, lo que indica que no hay algún tipo de análisis, y en lo que respecta al manejo de la basura no llenan requisitos de salubridad.

Los dos servicios (municipal y particular), son deficientes, pues continuamente tienen fallas mecánicas en sus vehículos por carecer de mantenimiento preventivo; dejando de hacer el servicio, lo que ocasiona que los desechos sean acumulados por varios días o permanentemente en lugares indebidos, provocando el malestar en el vecindario porque se constituyen en focos de contaminación.

La limpieza de los mercados se realiza diariamente y consiste en un barrido interior de la basura, generada por los usuarios y los diversos puestos de venta.

La basura recolectada de los mercados (Nos. 1, 2 y 3) ubicados en la Zona No. 1 de la ciudad, por no disponer de un depósito para basura, se tira a cielo abierto en un "BOTADERO TEMPORAL", a un costado del mercado No. 2 (ver mapa de ubicación de basureros dentro de la ciudad en el anexo No. 1), para recogerla al día siguiente; aunque algunas veces, cuando no hay disponibilidad de vehículo permanece allí por más tiempo.

Aquí también se tiran desechos ajenos a los producidos en los mercados, como los provenientes del barrido de calles de toda la ciudad, viviendas y comercios cercanos al sitio arriba indicado.

La basura producida diariamente en el mercado cantonal y de la terminal se tira en patios a la intemperie, para recogerla al día siguiente.

El trabajo de limpieza de mercados es efectuado por un equipo de 13 personas, trabajando 8.00 horas diarias y jornadas alternas. Esta operación se realiza en condiciones insalubres pues los operarios carecen de las herramientas necesarias para ejecutar su trabajo, además no tienen equipo de protección, tales como uniformes, guantes, mascarillas contra el polvo, etc.

La operación de barrido de calles solamente se realiza en la Zona No.1 de la ciudad y de los aproximadamente 15 Kms. lineales de calles y avenidas, se barren diariamente cerca de 12 Kms. lineales (en ambos lados de la calle), por una cuadrilla de 9 personas en un horario especial, que comienza a la 1:0 de la mañana.

Esta actividad se hace manualmente, usando escobones y carretillas de mano. La basura que recolectan la tiran en el "botadero temporal".

Tanto el servicio de limpieza municipal como el privado, actualmente arrojan la basura recolectada al RIO CUSMAJATE y la carretera que une las rutas CA-9 y CA-2 (ver mapa de ubicación de basureros en el Anexo No.1).

CUADRO No. 1

PERSONAL DE LIMPIEZA			
Area de trabajo	No./personas	Jornada	Equipo
Barrido/calles	9	Diaria	Carreta + escobón
Limpieza/mercados	13	Alternativa	Carreta + escobón
Parques y plazas	3	Alternativa	Carreta + escobón
Río (botadero) *	3	Diaria	Palas

* Personal empleado en el botadero municipal (río Cusmajate), encargado de remover la basura para que el río la arrastre.

1.3 HIPOTESIS

La falta de un sistema de recolección, provoca la existencia de basureros clandestinos, y la inadecuada disposición final de los desechos sólidos de la ciudad, constituyen grandes focos de contaminación del medio ambiente, deteriorando la calidad de vida de los habitantes de la población y sus alrededores.

2. MARCO LOGICO CONCEPTUAL:

2.1 IMPORTANCIA DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE LA BASURA:

En la actualidad, el problema de la disposición inadecuada de los residuos sólidos es uno de los principales causantes del deterioro ambiental que está enfrentando el ser humano. Cuando se produce basura en grandes cantidades, y la ciudad no cuenta con un sistema de recolección y disposición final, se provocan acumulaciones de basura, que traen como consecuencia la proliferación de vectores; resultando de ellos la propagación de enfermedades tales como tifus, disenteria, hepatitis, dengue, etc..

Además en los botaderos a cielo abierto, la basura se descompone, generando gases ofensivos debido a su alto contenido en sustancias orgánicas, constituyéndose en un elemento desagradable que debe ser erradicado del ambiente de vida humano.

La importancia de la solución del problema en toda su dimensión, está íntimamente relacionada con el bienestar público y la salud individual, no restándole importancia a los aspectos de ornato y bienestar de la población.

De los aspectos más importantes entre los cuales se pueden enfocar la importancia de la solución al problema de la basura se pueden mencionar: aspectos sanitarios, de bienestar, social y ambiental.

2.1.1 ASPECTOS SANITARIOS:

La finalidad básica de la recolección de los residuos sólidos es preservar la salud a través de la erradicación de los basureros, mejorando las condiciones higiénicas de los residentes de la ciudad y por lo tanto asegurándoles un ambiente de vida más saludable.

La razón principal de orden sanitario para la eliminación de los basureros clandestinos, se refiere a la relación de las basuras con insectos y animales que son atraídos hacia ellas por su contenido en sustancias orgánicas; y que son capaces de transmitir enfermedades al hombre. En especial de enfermedades tales como el paludismo, la fiebre amarilla, tifus, triquinosis, teniásis, etc. que se transmiten por medio de vectores artrópodos (moscas, mosquitos, cucarachas) y roedores.

2.1.2 BIENESTAR:

El bienestar físico, mental y social del ser humano es esencial para mantener un estado de salud aceptable, por lo que es de suma importancia solucionar y erradicar los factores psicológicos nocivos que produce la molesta y desagradable apariencia de los basureros. Siempre presentan problemas con los malos olores y son puntos para la proliferación de insectos, además el viento arrastra polvo, papeles sucios, trapos y otros objetos que en conjunto causan repulsión a las personas, ya que se constituyen también en un evidente riesgo para la salud.

2.1.3 IMPORTANCIA SOCIAL:

La falta o la deficiencia de un sistema de recolección y de disposición final de basuras de cualquier localidad, lamentablemente conduce a la creación de focos o botaderos de basura no controlados, en los cuales surgen grupos de personas de escasos recursos que de forma insanitaria extraen de las basuras desperdicios de alimento para subsistir o rescatan objetos para reutilizar, exponiéndose con esta actividad a adquirir enfermedades al manipular las basuras.

2.1.4 IMPORTANCIA AMBIENTAL:

La población de la ciudad de Escuintla se está desarrollando comercial y urbanísticamente, en consecuencia si no hay una buena disposición de basura, los botaderos clandestinos aumentarán, lo que contribuirá a deteriorar aún más el medio ambiente, con la producción de malos olores, posiblemente humo al quemar la basura y la contaminación del agua de los ríos. Disponiendo adecuadamente de la basura se evitarán estos focos de contaminación, lo que mejorará gradualmente las condiciones sanitarias y ambientales del lugar.

2.2 FACTORES QUE INCIDEN EN LA COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS:

Los factores más importantes que influyen en la composición de las basuras están condicionados por aspectos económicos, sociales, regionales, climáticos, estacionales y costumbres de la población.

Escuintla por ser una ciudad de convergencia, es diariamente frecuentada por visitantes debido al tránsito obligatorio por los 4 puntos cardinales, lo que la hace susceptible a recibir desechos de todo tipo. El clima es por lo general cálido y húmedo, características que contribuyen a que la región tenga un alto porcentaje de producción agrícola, lo que incrementa la variedad de residuos de alimentos vegetales y frutas. Otro factor importante que probablemente influirá en la producción y composición de los desechos sólidos, es el incremento de la industria y el comercio en el municipio.

2.3 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS:

La composición de las basuras es diferente entre una ciudad y otra, de acuerdo a sus características socio-económicas, culturales y ambientales.

Los desechos sólidos de la ciudad de Escuintla tienen una composición muy variada, porque debido a su ubicación geográfica está expuesta a recibir desechos de la población en tránsito y por ser un departamento cuya actividad principal es la agrícola, sus basuras contienen un alto porcentaje de desechos orgánicos, y el resto son desechos de plástico, vidrio, materiales ferrosos, textiles, etc.

Específicamente en este trabajo están bajo estudio los desechos sólidos de origen *domiciliar, de mercados, del barrido de calles, escuelas, áreas y edificios públicos.* No se incluye el manejo de residuos tóxicos y/o peligrosos, ni hospitalarios, ya que este tipo de desechos requiere un tratamiento especial para su manipulación.

2.4 CARACTERISTICAS DE LA BASURA:

Los residuos sólidos están compuestos de muchos y variados componentes, cada uno variando en cantidad, desde pequeños residuos a grandes porcentajes del peso total de desechos colectados.

Una de las razones principales del análisis de las características de la basura, es que dará parámetros para la selección del sistema de disposición final que resulte técnica y económicamente más apropiado de aplicar.

a) CARACTERISTICAS FISICAS:

- Densidad.
- Contenido de humedad.

La densidad es importante determinarla para la planificación de un relleno sanitario, el contenido de humedad es de gran importancia conocerlo para la operación de un incinerador.

b) CARACTERISTICAS QUIMICAS:

- Contenido de Carbono, Nitrogeno, fósforo y potasio.
- Contenido de Materia Orgánica.

Los análisis químicos son de interés para la planificación u operación de plantas para producción de compost, incineración y otros tipos de plantas para el tratamiento de basuras.

2.5 ANALISIS DE LA COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS:

Usualmente el análisis físico de la composición de los residuos sólidos se hace en base a dos estados: basura seca y basura húmeda, y en forma general se pueden analizar bajo dos aspectos.

2.5.1 COMPOSICION CUALITATIVA:

Dependiendo de las características del lugar, así también predominará la clase de residuos de determinado tipo, lo que puede dar una guía en la selección del sistema de disposición más apropiado para la localidad bajo estudio.

Generalmente los residuos sólidos están constituidos de:

- **Desperdicios Orgánicos:** Son los que se pueden descomponer por medio de procesos naturales o artificiales dentro de un período razonable.
- **Desperdicios Inorgánicos:** Son aquellos que no sufren cambio por la intervención de los procesos naturales.

El análisis cualitativo puede hacerse bajo varios aspectos, dependiendo del enfoque que se quiera dar y las soluciones posibles al problema del lugar bajo estudio. Entre algunos de los análisis se pueden mencionar:

- a) **Desde el punto de vista económico:**
Se podrían tomar en cuenta los residuos inorgánicos aprovechables, tales como vidrio, papel, metales y plásticos.
- b) **Desde el punto de vista de la Incineración:**
residuos no combustibles: metales, vidrio, etc.
residuos combustibles: papel, tela, plásticos y madera.
- c) **Considerando la transformación en Compost:**
Residuos orgánicos.
- d) **Punto de vista del Reciclaje:**
Aprovechamiento de ciertos componentes que mediante algún proceso, la materia resultante se pueda re-utilizar en la elaboración de un nuevo producto a bajo costo.

2.5.2 COMPOSICION CUANTITATIVA:

El porcentaje de componentes de cada uno de los desechos sólidos también está condicionado por el lugar bajo estudio y por el tiempo (estacional, climático, etc.), cuando se realiza el análisis.

A continuación se muestran los porcentajes de la composición de los residuos sólidos de origen DOMICILIAR en la ciudad de Escuintla, resultado del muestreo realizado en el año de 1,992.

CUADRO No. 2

Metal no ferroso	2%	Plástico duro	2%
Metal ferroso	1%	Textiles y trapos	1%
Piedras o tierra	4%	Madera y follaje	11%
Vidrios y loza	4%	Cueros y Caucho	4%
Papel y cartón	15%	Resíduos de animal	1%
Origen agrícola	9%	Resíduos de alimentos	2%
Plástico fino	3%	Materia orgánica	41%

2.6 DENSIDAD DE LA BASURA Y CANTIDAD DE BASURA PRODUCIDA:

La densidad es un dato importante que hay que considerar para la elección del equipo de recolección, su acondicionamiento y para planificar el método de disposición. Al igual que la producción y la composición, la densidad tiende a variar según el estrato socio-económico de la población. La densidad promedio resultante del muestreo realizado en 1,992, da un valor de 286 kg/m³, y la producción de basura por persona por día (ppc - producción per capita), resultó en 0.47 kg/habitante-día.

3. PRODUCCION CITADINA:

Las personas que viven en grandes o pequeñas ciudades, continuamente producen materiales de desecho, los cuales por no contar con un sistema de recolección y no poder disponer de ellos por su cuenta con seguridad, provocan acumulaciones en lugares donde son una amenaza para la salud pública y mal aspecto para el ornato de la ciudad.

Para determinar el volumen de producción diaria de basura de la población, se hizo en el año de 1,995 una evaluación entre los principales centros generadores de desechos sólidos, cuyos resultados se presentan a continuación.

3.1 ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES:

Las basuras de origen comercial son generadas mayormente por establecimientos de venta al menudeo, al mayoreo y establecimientos de servicio, tales como ventas de alimentos, bancos, hoteles, y tiendas (zapatos, telas, ropa, etc.).

Su composición consiste en residuos sólidos orgánicos (combustibles), tales como residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, goma, cuero, y madera. Residuos sólidos inorgánicos (no combustibles), tales como, vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales, etc.

La producción diaria de basura, resultante de la evaluación hecha al sector comercial en septiembre de 1,995, se estimó que le corresponde un volumen de 19.50 m³/día de los aproximadamente 900 comercios registrados.

3.2 ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS:

El tipo de basura de estos establecimientos está constituido por envolturas de golosinas, cáscaras de frutas, papel, plásticos, residuos de jardín y cartón.

La producción promedio de todos los establecimientos educativos públicos y privados en el área urbana se determinó un volumen de 5.50 m³/día aproximadamente.

3.3 MERCADOS MUNICIPALES:

El material de desecho de los mercados contiene un alto porcentaje de desperdicios orgánicos y proviene de las tiendas de venta al por menor y mayor, como resultado del manejo, almacenamiento y ventas de alimentos. Este desecho se origina principalmente en ventas de carnes, vegetales, granos básicos, pollo, pescado y frutas. Además entre la basura se incluye grandes cantidades de desperdicios putrecibles (frutas y alimentos), y algunos desechos de cajas de cartón y madera, así como pedazos de canasto.

El volumen estimado de producción diario en septiembre de 1,995, en los 4 mercados municipales es de 12 m³/día.

3.4 BARRIDO DE CALLES:

La basura producto del barrido de calles está constituida principalmente de hojas, pedazos de papel, envolturas de golosinas, cáscaras de frutas, pedazos de plástico y un alto contenido de tierra.

La producción de basura estimada del barrido de calles de la zona 1 de la ciudad es de 8.0 m³/día.

3.5 DE ORIGEN DOMICILIAR:

La basura de origen domiciliario está constituida en su mayor parte de materia orgánica putrecible, que resulta principalmente del manejo, preparación, cocinado y consumo de alimentos, además entre sus componentes se puede encontrar papel, cartón, latas, plásticos, vidrio, trapos y residuos de jardín (ver composición en hoja No. 12).

La producción de basura de origen domiciliario para el año de 1,996 está determinada en base a la producción per capita resultante del muestreo (hoja No. 18), y tomando en cuenta las consideraciones del Sr. Kunitoshi Sakurai (Environmental Health Development Specialist), en su obra Improvement of Solid Waste Management in Developing Countries; que traducidas de la página No. 58 dice: "Se puede usar el 2% de incremento por año al promedio de producción per capita (ppc), como cálculo aproximado".

Ejemplo:

Producción per Capita (1,992) = 0.47 kg/hab-día

Producción per Capita (1,996) = $0.47 * 1.02^4$

Producción per Capita (1,996) = 0.51 kg/hab-día.

CUADRO No. 3

INCREMENTO DE LA PPC	
Año	Producción per capita Kg/hab-día
1,992	0.47
1,996	0.51
1,997	0.52
1,998	0.53
1,999	0.54
2,000	0.55
2,001	0.56
2,002	0.57
2,003	0.58
2,004	0.60
2,005	0.61
2,006	0.62

Población urbana (1,994) = 49,026 hab. (Censo 1994)

Tasa de Crecimiento Pob. = 2.5%

Población urbana (1,996) = $49,026 * 1.025^2$

Población urbana (1,996) = 51,508 habitantes.

3.5.1 PRODUCCION DE BASURA DOMICILIAR:

Producción = $(0.51 \text{ kg/hab-día}) * 51,508 \text{ hab.} * 1\text{T}/1000\text{kg}$
Producción/día = 26.27 ~ 26.00 T.
Producción/mes = 780 T.
Producción/Año = 9360 T.

3.6 PRODUCCION DE BASURA TOTAL (ACTUAL 1,996):

También en su obra, el Sr. Kunitoshi considera que se puede adoptar un incremento de 8% por año, para la producción de basura en los comercios, oficinas y escuelas.

Tomando en cuenta esta observación y asumiendo que la densidad de la basura de origen comercial, de oficinas, escuelas y del barrido de calles, es la misma que la de origen domiciliario (286 kg/M3), se tiene:

a) Producción de basura de los mercados:

$$12 \text{ m}^3/\text{d} * 286 \text{ kg}/\text{m}^3 * \text{T}/1000 \text{ kg} = 3.43 \sim 3.50 \text{ T}/\text{d.} +$$

b) Producción de basura de centros educativos:

$$5.5 \text{ m}^3/\text{d} * 286 \text{ kg}/\text{m}^3 * \text{T}/1000 \text{ kg} = 1.57 \sim 1.60 \text{ T}/\text{d.} +$$

c) Producción de basura de comercios:

$$19.5 \text{ m}^3/\text{d} * 286 \text{ kg}/\text{m}^3 * \text{T}/1000 \text{ kg} = 5.58 \sim 5.60 \text{ T}/\text{d.} +$$

Sub-TOTAL = 10.70 T/d.

Total (comercial, oficinas y escuelas) = 10.70*1.08

TOTAL = 11.56 ~ 12.00 T/d.

PRODUCCION TOTAL EN EL AREA URBANA:

Producción domiciliar = 26.00 T/d.

Producción comercial, oficinas y escuelas = 12.00 T/d.

Producción del barrido de calles = 2.50 T/d.

TOTAL = 40.50 T/d.

3.7 PRODUCCION FUTURA DE BASURA:

Calculada en base a:

- Población resultante del Censo Nacional de población realizado por el INE en el año de 1,994.
- Consideraciones mencionadas anteriormente (páginass 14 y 15), para el incremento a la PPC y la producción de basura en los comercios, oficinas y escuelas.
- Razón de crecimiento poblacional proporcionado por el INE.
- Período de diseño de 10 años.

Fórmula de Incremento Geométrico:

Población futura (Ym) = $Y_p * (1+r)^s$, donde:

- Yp = Población en el año del último censo (1,994).
s = Diferencia entre el año deseado y el año del último censo considerado.
r = Razón de crecimiento.

Nota: Ver curvas del crecimiento poblacional en el anexo No. 2.

Ejemplo:

Población en el Area Urbana para 1,996.

- Yp = 49,026 habitantes
r = 2.5%
s = 1,996 - 1,994 = 2 años.
- Y(m) = $49,026 * (1 + 0.025)^2$ = 51,508 habitantes.

3.7.1 DE ORIGEN DOMICILIAR EN EL AREA URBANA:

CUADRO No. 4

PRODUCCION DOMICILIAR					
Año	Población Urbana	Producción kg/hab-día	Ton/día	Ton/mes	Ton/año
1994	49,026				
1996	51,508	0.51	26.00	780	9360
1998	54,115	0.53	29.00	870	10440
2000	56,854	0.55	31.00	938	11254
2002	59,732	0.57	34.00	1020	12240
2004	62,756	0.60	38.00	1140	13680
2006	65,933	0.62	41.00	1230	14760

3.7.2 DE ORIGEN DOMICILIAR, COMERCIAL, INSTITUCIONAL Y DE BARRIDO DE CALLES DEL AREA URBANA.

CUADRO No. 5

PRODUCCION EN EL AREA URBANA			
Año	Producción Dom. T/día	Prod. comercio, oficinas escuelas, b/calles. T/d	Producción TOTAL T/d.
1996	26.00	15.00	41.00
1998	29.00	18.00	47.00
2000	31.00	20.00	51.00
2002	34.00	23.00	57.00
2004	38.00	26.00	64.00
2006	41.00	30.00	71.00

Nota: Ver gráficas de producción de basura en el anexo No. 2

3.7.3 PRODUCCION DE BASURA EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA:

Como ciudad se está considerando la población dentro del área urbana y la población de las colonias cercanas (en un radio de 5 kms), que pudieran ser aportadoras al sistema de disposición. Para proyectar la población se aplicó la tasa de crecimiento poblacional (2.5%), proporcionada por el INE. (Ver cuadro en la siguiente página).

CUADRO No. 6

PRODUCCION TOTAL EN LA CIUDAD				
Año	Población	Producción Ton/día	Producción Ton/Mes	Producción Ton/Año
1996	67,535	49.00	1,470	17,640
1998	70,954	56.00	1,680	20,160
2000	75,545	61.00	1,830	21,960
2002	78,319	68.00	2,040	24,480
2004	82,284	75.00	2,250	27,000
2006	86,449	84.00	2,520	30,240

Nota: Ver gráfica de producción de basura en el anexo No. 2.

Para el cálculo de las tablas anteriores, el dato de la producción de basura del barrido de calles (2.5 t/d) se dejó constante para efectos de cálculo, esperando que el volumen se reducirá en el futuro a través de la impartición de educación sanitaria a la población.

Estos son resultados suponiendo que la población total (100%), está participando en el sistema de Disposición.

3.8 PORCENTAJES DE RECUPERACION DE MATERIALES DE LOS D.S.

CUADRO No. 7

Composición Porcentual de la basura		Cantidad de Basura Dom. Generada (T)		
Descripción	%	Area Urbana		Toda la Ciudad
		Mensual		Mensual
Total de Basura	100	780.0		1,033.0
Basura orgánica*	64	499.2		661.12
Papel y cartón	15		117.0	154.95
Plásticos	5		39.0	51.65
Metales	3		23.4	30.99
Vidrio y loza	4		31.2	41.32
Piedra y tierra	4	31.2		41.32
Cuero y caucho	4	31.2		41.32
Textiles y trapo	1		7.8	10.33
Totales		561.6	218.4	743.76
				289.24

* En basura orgánica se incluyen: Desperdicios de animal, desechos agrícolas, madera, follaje y residuos de alimentos.

3.8.1 DE MATERIAL RECICLABLE:

$\% \text{ Rec/Mensual} = \text{Recuperación Mensual} / \text{Prod. Mensual}$

$\% \text{ Rec/Mensual} = 218.40 \text{ Tons.} / 780.0 \text{ Ton.} = 0.28$

$\% \text{ REC/MENSUAL} = 28\%$

3.8.2 DE MATERIAL ORGANICO:

$\% \text{ Rec/Mensual} = 499.20 \text{ Tons.} / 780.0 \text{ Ton.} = 0.64$

$\% \text{ REC/MENSUAL} = 64\%$

4. ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA LA DISPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS

4.1 BOTADERO A CIELO ABIERTO

Consiste en botar la basura sobre la tierra o en depresiones topográficas, siendo este metodo no recomendado para la disposición de la basura, ya que contribuye a la contaminación del agua superficial y subterránea por los líquidos lixiviados, y malos olores que se producen cuando la basura se descompone, además este método tiene el problema que la basura se constituye en refugio y criadero para insectos, roedores y otros portadores de enfermedades.

4.2 RELLENO SANITARIO

Es el método más económico, aceptado y recomendado, de disposición final de desechos sólidos de origen doméstico o industrial; en el cual se aplican técnicas de Ingeniería para su ejecución, pues requiere de una planificación sencilla y detallada, y técnicas de operación eficientes.

En un relleno sanitario bien operado no hay incendios, gases ofensivos, humo, tampoco hay moscas, roedores ni otros animales de rapiña.

La operación básica del método consiste en esparcir y compactar, al menor volumen posible, los desechos sólidos recogidos diariamente y luego cubrirlos con tierra, de tal forma que se minimice la contaminación ambiental.

Los principales métodos utilizados de relleno sanitario son:

4.2.1 METODO DE TRINCHERA:

El método de trinchera es mas adecuado para terrenos planos o suavemente inclinados, y donde el nivel del agua subterránea no está cerca de la superficie del terreno.

La técnica básica de operación consiste en que la basura se deposita en una trinchera previamente excavada y un tractor la esparce y compacta a la vez. El material de cobertura resultante de la excavación se esparce y se compacta sobre la basura para formar la estructura de la celda.

4.2.2 METODO DE AREA:

Este método puede desarrollarse en la mayor parte de las topografías, por lo que es muy usado en tierras planas y en terrenos con pendientes suaves, que son inapropiados para la excavación de zanjas o trincheras, debido a que el nivel freático está muy superficial.

La preparación del lugar implica la instalación de un revestimiento y de un sistema para el control de los lixiviados. El material de cubierta tiene que acarrear desde terrenos adyacentes.

4.2.3 METODO VAGUADA/DEPRESION:

Se usa en vaguadas, terrenos con depresiones y hondonadas naturales o artificiales (canteras o depresiones resultantes de la extracción de material).

La técnica para colocar y compactar los residuos, varían según la geometría, hidrología y geología del lugar.

El método de explotación es el mismo que para el de Area, y si el terreno del fondo de la vaguada es plano, se puede usar el método de trinchera. El material de recubrimiento se excava de las paredes y del suelo de la vaguada.

4.3 INCINERACION:

Consiste en quemar la basura en hornos especiales y generalmente por medio de este método se consigue la reducción del volumen original de la fracción combustible de los desechos sólidos sin seleccionar.

Uno de los beneficios atractivos del proceso de incineración es la recuperación de energía en forma de calor, para generar agua caliente o vapor; que puede utilizarse para aplicaciones industriales o para calefacción central de baja temperatura.

Aunque esta tecnología ha avanzado últimamente, el control de la contaminación todavía sigue siendo una preocupación importante para la implantación de estas plantas.

4.4 TRANSFORMACION DE LA BASURA EN COMPOST:

El compost es el resultado del proceso a través del cual los micro-organismos que utilizan oxígeno se alimentan de la materia orgánica, convirtiéndola en un material estable, relativamente parecido al Humus; y para tal proceso requieren del nitrógeno, fósforo, carbón y otros nutrientes.

Uno de los métodos para la elaboración del compost, consiste en colocar el material orgánico que se va a fermentar en hileras o pilas de determinado tamaño, el cual se mueve periódicamente para introducir oxígeno, controlar la temperatura, la humedad y mezclar el material, con el fin de obtener un producto más uniforme. Dentro del proceso se han introducido variantes, tal como el método de pila estática aireada (aireación forzada), que consiste en la colocación de tubería perforadas entre cada hilera, para inyectarle aire, que proporcione el oxígeno necesario para la conversión biológica y para controlar la temperatura dentro de la pila.

Los objetivos generales del Compostaje son:

- 1) Transformar materiales orgánicos biodegradables en un material biológicamente estable, y en el proceso reducir el volumen original de los residuos.
- 2) Destruir patógenos, huevos de insectos y otros organismos no deseables que puedan estar presentes en los residuos sólidos sin clasificar.
- 3) Retener al máximo el contenido nutricional (nitrógeno, fósforo y potasio).
- 4) Elaborar un producto que se pueda utilizar para soportar el crecimiento de plantas y como acondicionador del suelo.

4.5 ALTERNATIVA SELECCIONADA:

Tomando en cuenta las características topográficas del terreno adquirido por la Municipalidad para la disposición final de los desechos sólidos, y el resultado del cálculo de recuperación de materiales (página No. 18) se escogió la alternativa de combinar: clasificación de basura y Relleno Sanitario, con la posibilidad de obtener compost en el futuro.

Otras de las razones importantes que se tomaron en cuenta para la elección son:

- a) La inversión inicial de capital para un relleno sanitario es baja comparada con el alto costo inicial para la obtención de un incinerador o para el establecimiento de una planta de compostaje.
- b) El relleno sanitario se puede poner en operación en un período de tiempo menor del que se requiere para la instalación de un incinerador o una planta de compostaje.
- c) La ciudad de Escuintla en la actualidad no tiene una disposición final sanitaria de desechos sólidos y por ser el problema de la basura uno de los principales por solucionar, se determinó que el relleno sanitario es el método que se podría poner en operación en el menor tiempo posible y a menor costo.

4.5.1 AREA REQUERIDA PARA DISPOSICION DE LA BASURA EN UN PERIODO DE 10 AÑOS (TODA LA CIUDAD):

Tasa de generación = 49.0 T/d. (Cuadro No. 6.)
Densidad en el R.S. = 475 kg/m³. (Ref. No. 7 pag. 533)
Volumen diario = 49000 kg/día / 475 kg/m³.
Volumen diario = 103.2 m³/día.
Altura promedio estimada del Relleno Sanitario = 6.0 m.

CELDA:

Altura de celda	=	1.80 mts.
Ancho de celda	=	5.00 mts.
Avance	=	12.00 mts.
Espesor Recubrimiento	=	0.15 mts.
Vol/día Mat. Cobertura	=	23.5 m ³ .
Porcentaje del material de cobertura	=	23%

CUADRO No. 8

Año	Pob.	D/sólidos Anual (T)	Vol. de Desechos Sólidos		Area Total (m2)
			En relleno	Acumulado	
1996	67535	17640	45678	45678	9136
1997	69223	18720	48475	94152	15692
1998	70954	20160	52204	146356	24393
1999	72728	20880	54068	200424	33404
2000	74545	21960	56865	253933	50786
2001	76410	23040	59661	313594	52266
2002	78319	24480	63390	376984	62831
2003	80278	25560	66187	443170	73862
2004	82284	27000	69916	513086	85514
2005	84342	28440	73645	586731	97788
2006	86449	30240	78306	665036	110839

5. PROPUESTA PARA LA PRIMERA ETAPA:

La falta de disponibilidad de recursos económicos, que siempre ha afrontado la Municipalidad, ha sido una de las principales causas para no poder adquirir un terreno adecuado para la disposición final de toda la basura producida en la ciudad, lo que por consiguiente ha retardado la solución al problema de los desechos sólidos.

En el presente la posibilidad de adquisición de un terreno se ha dificultado aún más, debido al alto valor especulativo que ha alcanzado la tierra en los alrededores de la población, por considerarlos potencialmente urbanizables.

Estos inconvenientes conducen a pensar en soluciones alternas, tal como la división en etapas del proceso del proyecto de disposición final de los desechos sólidos, dando prioridad de servicio a las áreas más afectadas por las basuras.

Del análisis de la situación actual de la limpieza pública, se determinó que la Zona No. 1 de la ciudad de Escuintla es la que mayor cantidad de basura produce, debido a la alta concentración de comercios, mercados, centros educativos y oficinas públicas y privadas en el área, los que directa o indirectamente contribuyen a la contaminación del sector, por falta de sistemas de recolección y disposición final.

En base a lo anteriormente expuesto, en el presente estudio se propone como primera fase del proyecto la implantación de un sistema de recolección y transporte de la basura producida en la Zona No. 1, así como su disposición por medio de un relleno operado manualmente, en el terreno disponible; aplicando un sistema de operación de fácil desarrollo con el fin de obtener una disposición técnica y económicamente factible, y que sea sanitariamente aceptable.

5.1 DESCRIPCION DEL TERRENO:

El terreno para la construcción del sistema de disposición final de la basura está ubicado aproximadamente a 10.5 kms. de la Ciudad de Escuintla, sobre la carretera que conduce hacia Taxisco (Ver plano de localización en el anexo No. 3); con una extensión de 80,000 m². Su topografía es irregular, pues si se observa desde el nivel de la carretera; en su recorrido hacia el fondo, su perfil tiene una depresión, para luego elevarse aproximadamente 5.00 mts sobre el fondo. (Ver plano de curvas de nivel en el anexo No. 3).

Por el terreno pasa un río pequeño en la parte baja, que lleva muy poca agua durante la época seca, pero incrementa su caudal en el invierno. El agua la aprovechan los agricultores de la aldea San Gabriel para regadío de cultivos, aguas abajo.

Del análisis de la conformación topográfica del terreno y la información obtenida respecto a la profundidad del nivel freático en la zona (en promedio está a 6.00 mts.), se decidió que el Método de Trinchera/Zanja excavada se puede aplicar muy bien a partir de 200.0 mts. del frente hacia el fondo, sin correr el riesgo de contaminar el medio, si se siguen las técnicas de operación y construcción indicadas en el diseño.

A continuación se hace un análisis de la producción de basura en la zona No. 1 de la Ciudad de Escuintla, para luego poder determinar el área necesaria, para la disposición de los desechos sólidos (D.S) durante un período de 10 años, aplicando la técnica del Relleno Sanitario (R.S), en el terreno arriba mencionado, con el Método propuesto de Trinchera/Zanja excavada.

5.2 PRODUCCION DE BASURA EN LA ZONA No. 1:

Hogares	= 1,890 (Dato proporcionado por el INE).
Persona por Hogar	= 5
Población	= 9,450 hab. (1,974).
p.p.c.	= 0.51 kg/hab-día (cuadro No. 3).
Razón de crecimiento poblacional	= 2.5%

$Y(1996) = 9450 * (1 + 0.025)^2 = 9,928 \text{ hab.}$

Producción de basura	= 9,928 hab. * 0.51 kg/hab-día
Producción de basura	= 5,063 kg/día (~ 5.06 T/día)
Prod.(com. e inst.)	= 12.00 T/día + (página 15).
Prod. del B/calles.	= 2.50 T/día. +
Total	= 19.56 T/día.

CUADRO No. 9

PRODUCCION EN LA ZONA No. 1					
Año	Dom. T/día	Mercados, Inst. B/calles (T/día)	Comercio T/día	Total T/día	Total T/año
1996	5.00	8.0	6.50	19.5	7020.0
1997	5.30	8.5	7.00	20.8	7495.0
1998	5.50	8.9	7.60	22.0	7920.0
1999	5.80	9.5	8.20	23.5	8460.0
2000	6.00	10.0	8.85	24.8	8928.0
2001	6.30	10.5	9.56	26.4	9504.0
2002	6.60	11.5	10.32	28.4	10231.0
2003	6.80	12.0	11.15	29.9	10764.0
2004	7.20	12.7	12.00	31.9	11484.0
2005	7.60	13.5	12.90	34.0	12240.0
2006	7.80	14.4	13.90	36.1	12996.0

5.2.1 AREA REQUERIDA PARA EL RELLENO:

a) Desechos Sólidos sin clasificar:

Tasa de Generación = 19.5 T/d. (cuadro No. 9).
 Densidad/ Relleno = 350 kg/m³ (ref. No. 7 pag. 533).
 Volumen diario = 19,500 kg/día / 350 kg/m³
Volumen diario = 55.71 m³/día.
 Altura estimada del Relleno Sanitario = 3.00 mts.

CELDA:

Altura = 1.00 mts.
 Ancho = 8.00 mts. (Ancho de Zanja).
 Avance = 6.96 mts.
 Pendiente = 3:1 (avance, altura).
 Volumen diario del material de Cubrición = 12.14 m³.
 Relación Resíduos/Mat. de cubrición = 4.0:1
 En porcentaje = 22 %.

TABLA No. 10

Año	Pob.	D/sólidos Anual (T)	Vol. de Des./ Sólidos		Area Total (m2)
			En relleno	Acumulado	
1996	9928	7020	24470	24470	8156
1997	10176	7495	26125	50595	16865
1998	10431	7920	27607	78202	26067
1999	10691	8460	29489	107691	35897
2000	10959	8928	31120	138811	46270
2001	11233	9504	33128	171939	57313
2002	11514	10231	35662	207601	69200
2003	11801	10764	37520	245121	81707
2004	12097	11484	40030	285151	95050
2005	12399	12240	42665	327816	109272
2006	12709	12996	45300	373116	124372

b) Desechos Sólidos Clasificados:

A la producción de cada año (tabla No. 10), de desechos sólidos sin clasificar se le resta el 36% (materiales de recuperación y rechazo), asumiéndolos constantes.

CELDA:

Tasa de generación = $19.5 - 19.5 \cdot 0.36 = 12.48$ T/d.

Volumen diario = $12480 \text{ kg/d} / 350 \text{ kg/m}^3 = 35.66 \text{ m}^3$.

Altura de Celda = 1.00 mt.

Ancho de Celda = 8.00 mts. (ancho de la zanja).

Avance = 4.50 mts.

Vol. Mat/cobertura = 9.20 m3.

En porcentaje = 25%.

CUADRO No. 11

Año	Pob.	D/sólidos Anual (T)	Volumen Des./sólidos		Area Total (m2)
			En relleno	Acumulado*	
1996	9928	4493	16046	16046	5359
1997	10176	4797	17132	33178	11059
1998	10431	5069	18104	51281	17094
1999	10691	5414	19336	70617	23539
2000	10959	5714	20407	91024	30341
2001	11233	6082	21721	112745	37582
2002	11514	6548	23382	136127	45376
2003	11801	6889	24600	160727	53576
2004	12097	7350	26246	186973	62324
2005	12399	7834	27975	214948	71649
2006	12709	8317	29704	244652	81550

*En el volumen de desechos sólidos acumulados se incluye el 25% de material de cobertura.

5.2.2 VIDA UTIL DEL TERRENO:

El área útil para el uso del método de Zanjas excavadas es de 40,000 m²., en los que según el diseño de distribución de las zanjas, con las características que se muestran en el plano 3/5, se tendría disponible para relleno un volumen de 64,260 m³. Si se observa la columna de desechos sólidos/acumulados en la tabla No. 11, el tiempo de vida útil del terreno es de aproximadamente 3.5 años, usándolo para disposición en un Relleno Sanitario típico.

De acuerdo a lo anteriormente definido y a la dificultad para obtener terrenos adecuados para disposición final de desechos sólidos, se propone el uso de un proceso en el cual se utilizan las mismas técnicas del Relleno Sanitario, pero con la diferencia de recuperar el material depositado, cuando ya se ha estabilizado naturalmente.

La idea principal es aprovechar indefinidamente el área de terreno con que se cuenta; lo que se conseguiría, en primer lugar tratando de reducir el volumen total de basura que llega a las zanjas de disposición, estableciendo un área de recuperación de materiales. El segundo paso para lograr el propósito de reutilizar el terreno es enterrar únicamente los desechos sólidos orgánicos, siguiendo un plan de operación establecido en las zanjas excavadas y al final del período de vida útil

del terreno (aprox. 3.5 años), desenterrar el material orgánico que se enterró al inicio de operaciones y llevarlo a otra área, en donde a través de la aplicación de algunos componentes estaría listo para usarlo como acondicionador de suelos.

Para obtener buena calidad del producto final se debe ejercer un estricto control sobre la clasificación de materiales, para que al relleno llegue solamente material orgánico.

Desde el inicio de la operación de llenar las zanjas, hasta la primera extracción del material, tendrían que transcurrir aproximadamente 3 años; tiempo que se puede emplear en la promoción del producto, lanzando campañas publicitarias sobre el beneficio que se puede obtener para mejorar la calidad de los suelos para la Agricultura.

Entre las ventajas que se obtienen con el uso del procedimiento propuesto son:

- Se recuperan materiales y se obtiene un producto final (Compost), los que podrían servir para contribuir a financiar el proyecto.
- Se tiene la oportunidad para revisar el material impermeabilizante colocado en el fondo de las zanjas y el funcionamiento del filtro, para asegurarse que no haya problemas de contaminación.
- **La más importante es la recuperación del terreno; ya que con la extracción del material, la zanja queda libre nuevamente para iniciar el ciclo de enterramiento.**

5.3 RECOLECCION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS:

- a) Se recomienda que la Municipalidad mantenga bajo su responsabilidad, el servicio diario de limpieza, recolección y transporte de la basura proveniente de los mercados, barrido de calles y áreas públicas, así como de las instituciones (edificios públicos y escuelas), dos veces por semana; como actualmente se hace.

El barrido de calles se debe continuar haciendo en la misma forma y horario que se hace actualmente; a partir de la 1a. calle hasta la 12 calle, tomando como eje central las avenidas e incluyendo en el recorrido, 1/2 cuadra de lado y lado.

A cada uno de los barredores deberá proveerse de una carretilla de 1/2 tonel, montado sobre ruedas y con mecanismo de volteo para facilitar la descarga.

El objetivo de las "carretillas de tonelito", es que cada trabajador transporte la basura recogida hasta depósitos que se deberán ubicar convenientemente a lo largo de su ruta de trabajo, para que no tenga que acarrearla hasta el botadero "temporal" ubicado a un costado del mercado No. 2.

Estos depósitos deberán ser limpiados diariamente por la cuadrilla de limpieza del camión recolector municipal, en su recorrido de recolecta en los edificios, escuelas y lugares públicos.

La basura producida en los mercados deberá colocarse en depósitos ubicados donde actualmente se bota la basura, y evacuada diariamente por el camión recolector de la municipalidad.

- b) Para la recolección y transporte de la basura de origen domiciliar y comercial, se sugiere que una empresa privada autorizada por la municipalidad sea la responsable de hacerla; resumiendo a continuación las actividades que comprenden este servicio.

5.3.1 COBERTURA DE SERVICIO:

Con el establecimiento de la primera etapa del sistema se tratará que el 80% de la población participe en el servicio, en el área comprendida de la zona 1 de la ciudad, con la expectativa de cubrir el 100% de la población en el futuro, conforme se va implementando el sistema. Recolectando los desechos de origen domiciliar y comercial.

5.3.2 FRECUENCIA DE RECOLECCION:

Por razones sanitarias la frecuencia será de 3 veces por semana, trabajando 8 horas diarias, de 6:00 hrs. a 12:00 hrs. y de 13:00 hrs. a 15:00 hrs., en semana laboral de 6 días.

5.3.3 EQUIPO PARA LA RECOLECCION:

- a) **Servicio de recolección de mercados, barrido de calles y escuelas públicas.**

Producción en mercados	=	3.50 T/d. + (pág. No. 15).
Producción en c/educativos	=	1.60 T/d. (pág. No. 15).
		5.10 * 1.08
sub-total	=	5.51 T/d. +
Producción barrido calles	=	2.50 T/d.
Total	=	8.01 T/d.

- Volumen diario = $8.01 \text{ T/d.} * 1000\text{kg/m}^3 = 8010 \text{ kg/d.}$
Densidad = $286 \text{ kg/m}^3.$ (no compactada - pag. No. 12)
Volumen diario = $8010 \text{ kg/d.} / 286 \text{ kg/m}^3 = 28.00 \text{ m}^3/\text{d.}$

- Estimando 4 viajes diariamente:

Vol/Camión = $28.00 \text{ m}^3/\text{d} / 4 \text{ Viajes/d.}$
Vol/Camión = $7.00 \text{ m}^3/\text{viaje.}$

- La recolección se hará con dos camiones, con capacidad de 8 m³. en volumen y 3 toneladas de peso cada uno, haciendo dos tipos de recolecta:

- 1) Por la mañana uno de los dos recolectará la basura de las Instituciones públicas, escuelas y barrido de calles, haciendo en promedio una recolecta de 14 m³. de basura.
- 2) Por la tarde el otro estará en servicio fijo para la extracción de la basura de los mercados, acarreando un volumen promedio de 14 m³.

Se propone este tipo de servicio alterno para que cuando uno de los camiones está en servicio de limpieza, el otro se pueda utilizar en alguna otra actividad.

b) **Recolección de la basura de origen domiciliario y comercial:**

b.1) **De origen domiciliario.**

Hogares = 1,512 (80% de 1,890).
Población = 7,560 habitantes.
P.P.C. = 0.51 kg/hab-día. (cuadro No. 3)
Tasa de Producción = $7560 * 0.51 \text{ kg/hab-día} = 3,856 \text{ kg/d.}$

-NUMERO DE VIAJES POR TURNO:

Estimando los siguientes tiempos:

Y = Tiempo total en 1 día de trabajo = 480 min.
a = Tiempo del garage a la ruta. = 008 min.
b = Tiempo total para la recolección = 309 min.

c1 = Tiempo de la ruta al lugar de disposición.	= 18 min.
c2 = Tiempo del lugar de disposición a la ruta.	= 00 min.
d = Tiempo en el lugar de disposición	= 30 min.
e = Tiempo del lugar de disposición al garage.	= 10 min.
f = Tiempo improductivo (tiempo perdido por desperfectos mecánicos, almuerzo, refacción, etc.).	= 105 min.

De la ecuación:

$$Y = a + b + n \cdot (c1 + c2 + d) - c2 + e + f \quad (\text{ref. 6 pag. 111}).$$

Se despeja n (número de viajes).

$$n = (Y - a - b + c2 - e - f) / (c1 + c2 + d).$$

$$n = 48 / 48$$

$$n = 1.00 \text{ viajes.}$$

-CALCULO DE NUMERO DE UNIDADES:

$$K = B / N \cdot C \quad \text{donde:}$$

B = Producción diaria de basura.
N = Número de viajes.
C = Capacidad del camión.

Proponiendo un camión de 15 m3.

$$15 \text{ m}^3 \cdot 286 \text{ kg/m}^3 = 4,290 \text{ kilogramos.}$$

$$K = 3,856 \text{ kg/día} / 1 \text{ cam.} \cdot 4,290 \text{ kg/cam.}$$

$$K = 0.90 \text{ camiones.}$$

Incrementando este valor en 30% para suplir ineficiencias en el servicio tales como:

- Los camiones no se cargan a plena capacidad.
- Reserva de vehículos para suplir descomposturas.

$$K = 0.90 \text{ camiones} \cdot 1.30 = 1.17 \text{ camiones.}$$

$$K = 2 \text{ Camiones.}$$

Se usarán 2 camiones con capacidad de 15 m3. en volumen y 5 toneladas de peso cada uno.

b.2) De origen comercial:

Tomando solamente el 60% de la producción de basura de los Comercios.

-Producción en comercios = 5.60 T/d. (página No. 15).

Prod/Com. = 5.60 T/d. * 1000 kg / 1Ton * 0.60 = 3360 kg/d

Densidad. = 286 kg/m³.

Vol/Diario = 3360 kg/d. / 286 kg/m³ = 11.75 m³/d.

Vol/diario = 12 m³.

- Estimando 1 viaje diario del camión

Vol./camión = 12.00 m³/d / 1 V/d = 12 m³.

Usar Un (1) camión con capacidad para 15 m³. en volumen y 4 toneladas de peso.

5.3.4 TIPO Y PUNTOS DE RECOLECCION:

El tipo de recolección propuesto es domiciliar, o sea de "puerta a puerta", sacando cada vecino la basura a la banqueta a una hora pre-establecida, en receptáculos adecuados o desechables (preferiblemente bolsa plástica porque su uso contribuye con la eficiencia de la recolección).

5.3.5 RUTAS DE RECOLECCION:

Tomando en cuenta el estado actual de calles, condiciones de tráfico, la configuración de la ciudad y cantidad de viviendas a beneficiar por cuadra, se hicieron 2 diseños de recorridos con 4 rutas cada uno, proponiendo el uso del diseño que se muestra en el anexo No. 3, por considerarlo el más conveniente pues la recolecta se hace a lo largo de los ejes de las calles de la ciudad, para que los peones puedan recolectar a pie en las viviendas sobre las avenidas hasta la mitad de las cuadras y traerla al camión.

Para lograr buena eficiencia en la operación de recolecta, a los operarios se les debe proveer de carretilla de dos ruedas para acarrear en un solo viaje la basura de las viviendas que tengan que recolectar a pie.

El diseño tiene 4 posibilidades de rutas, con un recorrido de aproximadamente 10 kms, recolectando en 756 viviendas y cubriendo una población de 3,780 habitantes. Las rutas Nos. 2 y 4 se recolectarán los días Lunes, Miércoles y Viernes, y las rutas Nos. 1 y 3 los días Martes, Jueves y Sábado (Ver diseño de rutas en el anexo No. 3).

5.3.6 RESUMEN DEL EQUIPO PARA LA RECOLECCION:

a) Servicio Municipal:

- Dos camiones con motor diesel, con capacidad de 8 m³. y 3 Ton., de un eje y provisto con palangana especial para basura sin compactar, con mecanismo de volteo, similar al tipo LK-1417 de la Mercedes Benz.
- 1 Piloto y 3 ayudantes.

Uno acarreará por la mañana la basura del barrido de calles, los Edificios, Escuelas y lugares públicos (ver diseño de ruta en el anexo No. 3).
El otro transportará por la tarde la basura de los mercados.

b) Servicio Domiciliar:

- 1 Camión con capacidad para 15 m³ y 5 ton. con motor diesel, 1 eje y con carrocería de furgón.
- 1 piloto y 3 peones.
- 1 viaje diariamente.

Recolección en 756 viviendas cada dos días, que en total producen 3,856 kg. en peso y 13.5 m³. en volumen.

c) Servicio al sector comercial:

- 1 camión con capacidad para 15 m³. y 5 ton. con motor diesel, 1 eje y con carrocería de furgón.
- 1 piloto y 2 peones.

Un viaje diariamente transportando una carga de aproximadamente 12.0 m³.

Para el servicio domiciliar y comercial, se propone que los camiones sean del tipo con carrocería de furgón, para prevenir que el viento arrastre papeles cuando la basura sea transportada, además se evitaría que la basura se moje en época lluviosa y provoque sobrecarga a los camiones.

6. DISPOSICION FINAL POR MEDIO DE RELLENO TEMPORAL OPERADO MANUALMENTE:

6.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO:

Como trabajo principal de acondicionamiento del terreno se debe contemplar:

- 1) La modificación del zanjón existente, conduciendo el agua en un canal abierto, de sección trapezoidal en su mayor parte, para prevenir que se pueda contaminar con basura cuando sea acarreada para su colocación en las trincheras.
- 2) La colocación de una cerca perimetral para delimitar la propiedad, evitar que entren personas ajenas al complejo y prevenir que el viento transporte a las vecindades materiales de desecho livianos (papel, hojas, plástico, etc.).
- 3) Construir un canal perimetral en los alrededores del área de relleno para prevenir que el agua superficial proveniente de áreas circunvecinas penetre al relleno y erosione el material depositado. Para drenar el agua pluvial del área restante, sólo se le deberá dar una pendiente suave hacia el canal, para que escurra en él como hasta ahora lo ha hecho. (Ver hoja 3/3 en el anexo No. 3).
- 4) La preparación debe incluir la construcción de caminos de acceso entre zanja y zanja para depositar los desechos.
- 5) Construcción de un muro de contención (hecho de piedra), que servirá para dar estabilidad a toda el área de relleno (ver plano en anexo No. 3).

6.2 METODO DE TRINCHERA:

Tal y como se indicó en la página No. 20, en el Metodo de Trinchera los residuos sólidos se colocan en zanjas excavadas en el suelo, donde son esparcidos y compactados hasta la altura prevista de la celda, la tierra extraída es utilizada como material de cobertura diaria o final.

Para prevenir la posible contaminación del agua subterránea por el liquido percolado (lixiviado), las zanjas se deben impermeabilizar en el fondo y en las paredes.

6.2.1 PREPARACION DE LAS ZANJAS (TRINCHERAS):

Para el buen funcionamiento del Relleno Sanitario juega un papel muy importante la excavación y preparación del fondo y paredes de la trinchera.

Los cortes de las paredes deben hacerse con pendiente de 2:1 (V:H) y estableciendo el fondo de la zanja a partir de la cota de nivelación 101. Las zanjas tendrán una profundidad de 3.00 mts., con sección transversal trapezoidal de 7.00 mts. en la base y 10.00 mts. en la parte superior. La longitud del primer grupo de zanjas es de 80.00 mts. y de 100.00 el otro, tal y como se observa en el plano 3/3 en el anexo No. 3. En total hacen un volumen de 64,960 m³. útiles para relleno.

El vertedero se debe construir por secciones, excavando cada 40 días una trinchera de 80 mts. de largo, colocando el material excavado cerca del frente de trabajo ya que se usará como material de cobertura de las celdas. El fondo de la trinchera deberá prepararse gradualmente; esto quiere decir que a medida que se va avanzando con la construcción de las celdas; deberán hacerse los trabajos complementarios.

En época de lluvia, en la orilla superior de la trinchera que se está trabajando, se deberá hacer un canal temporal para evitar que el agua proveniente de las áreas vecinas, inunde la trinchera y provoque los problemas antes mencionados.

Para prevenir que haya acumulaciones de líquido percolado, en el fondo del relleno se deberá colocar un recubrimiento impermeabilizante con pendiente del 3% hacia el filtro de líquidos. El recubrimiento puede ser de arcilla, de por lo menos 10 cms. de espesor, extendiéndolo por las paredes de la zanja y sobre este recubrimiento poner una capa de material sintético (polietileno, policloruro de vinilo, ó nylon), a todo lo largo y ancho de la trinchera, con el fin de evitar la potencial contaminación del agua subterránea. (Ver detalles en hoja 3B del anexo No. 3).

6.2.2 CONSTRUCCION DE LAS CELDAS:

Las celdas tendrán como contención inicial las paredes de la trinchera excavada y luego las celdas sucesivas en las anteriormente construidas.

La técnica de operación manual del relleno consiste en que la basura orgánica que llega para ser enterrada, los operarios la esparcen sobre la base del relleno o sobre celdas ya construidas en capas sucesivas de 40 cms, empleando para ello horquillas (garfio de 3 dientes) y rastrillos, compactándola con pisones de mano y no muy fuerte, para que cuando sea necesario sacarla nuevamente (aproximadamente a los 3 años), la operación pueda hacerse manualmente.

El esparcimiento y compactación para la formación de las celdas se hará en capas horizontales sucesivamente y con pendiente de 3:1 (avance, altura), hasta alcanzar la altura prevista de la celda, para luego cubrirla con una capa de tierra de por lo menos 20 cms. de espesor y compactarla con pisones y rodillos de mano.

Cuando se ha alcanzado la altura final establecida del relleno, se deberá poner un recubrimiento final o sello de tierra temporal de 60 cms. de espesor y sembrarle arbustos pequeños o grama, para facilitar la operación de recuperación del material estabilizado, la capa temporal también servirá para evitar que la lluvia o el aire erosionen el material de cobertura.

Iniciada la operación de llenado, las celdas se deberán construir capa sobre capa, hasta alcanzar la altura preestablecida de la trinchera, para luego comenzar el siguiente grupo de capas.

6.2.3 OBRAS COMPLEMENTARIAS:

a) DRENAJE DEL LIXIVIADO (líquido percolado):

Después de colocar el recubrimiento impermeabilizante en la zanja, se deberá colocar un drenaje o filtro para líquidos percolados, ésta se construye haciendo una zanja en la base y a todo lo largo de la trinchera, llenándola con piedra bola de 4" a 5" de diámetro o material triturado no menor de 2" de diámetro y colocándole al fondo un tubo perforado para captar el líquido y conducirlo a una pequeña planta de tratamiento afuera del relleno.

Para prevenir la obstrucción del filtro se recomienda poner sobre la piedra algún material que permita la percolación de los líquidos y que retenga el material fino en suspensión. (Ver detalle en el anexo No. 3).

b) DRENAJE PARA LOS GASES:

Las ventilas o chimeneas se construyen verticalmente a partir de la base del relleno, con tubos perforados para facilitar la captación y salida de los gases. Los tubos deben estar embutidos entre un filtro de piedra para evitar que los desechos puedan obstruir los orificios de salida. (Ver detalle en el anexo No. 3).

6.3 PERSONAL Y EQUIPO PARA EL RELLENO:

a) A cargo de esparcir, acondicionar y compactar la basura y el material de cobertura en el relleno.

Mano de Obra = (Ton. Basura/día / 10) + 1 (Ref. No. 5).

M.O = (14.04 T/día / 10) + 1 = 2.40 ~ 3

M.O = 3 Peones.

Equipo = 3 Carretillas con llanta neumática.
3 palas, 2 piochas, 2 pisones de madera,
2 horquillas, 2 rastrillos, 1 rodillo para
compactar, guantes y mascarillas.

b) Cargadores de carretillas para transportar el material de cobertura.

Rendimiento = 1.60 m³/hora-peón (Ref #8, tabla 9-4).
Horas de trabajo efectivas al día = 6 horas.
Rendimiento/día = 9.60 m³/día-hombre.
Volumen de tierra de cobertura = 9.16 m³/día (página No. 27).

Se necesita: 1 peón.
Equipo: 1 azadón, 1 pala, guantes y mascarillas.

c) A cargo del transporte del material de cobertura.

Rendimiento para 1 m³. = 0.15h-peón. (R/#8, pag. 351)

Se necesita: 1 Peón.
Equipo: 1 Carretrilla con llanta neumática.
1 Azadón, 1 pala, mascarilla, y guantes. botas de hule.

d) A cargo del transporte del material orgánico al relleno.

Se necesita: 1 Tractorista y 1 Peón.
Equipo: 1 Tractor con motor diesel, de 4 cilindros de 74 hp., tracción en
dos ruedas y con sistema hidráulico incorporado.
1 Carretón con mecanismo de volteo.
2 Palas.
2 Rastrillos.
1 Horquilla.

7. OBRA CIVIL:

Para poder concretar la idea del diseño de disposición final de los desechos sólidos en la primera fase, será necesario el acondicionamiento de ciertas áreas y la construcción de las edificaciones que se mencionan a continuación.

7.1 MOVIMIENTO DE TIERRA:

El movimiento de tierra es mínimo ya que solamente se necesita para el acondicionamiento del área de bodegas de materiales recuperados y en el área de descarga.

En el área del relleno será necesaria la excavación de 2,040 m³., cada 40 días, para el acondicionamiento de los desechos sólidos.

7.2 AREA DE DESCARGA Y PARQUEO DE CAMIONES:

Construcción de un muro de contención de 540 mts. de largo y de 1.00 mt. de alto, construido de piedra y que servirá como soporte de las plataformas del parqueo y del área de almacenaje de materiales recuperados.

7.3 CONSTRUCCIONES TECHADAS:

- a) Caseta de pesado y control a la entrada del complejo, que puede hacerse de mampostería y techo de lámina similar al fibrolit, con artesón de madera y área construida de 16 mt².
- b) Galera techada de 355 m²., para la selección manual y bodega de objetos recuperados, que está constituida por techo de lámina similar al fibrolit, con armaduras hechas de "C" costanera y piso de concreto.

Los muros serán de mampostería reforzada, que pueden utilizarse como muros de carga. Esta construcción deberá estar provista de servicios sanitarios y duchas.

- c) Edificación para el área administrativa, con un área cubierta de 20 mt²., que puede hacerse con los materiales de las mismas características mencionadas anteriormente.

7.4 INSTALACIONES:

Todas las edificaciones debarán dotarse de sus respectivos servicios de agua corriente, servicio eléctrico y drenaje de aguas servidas. El abastecimiento de agua será por medio de un pozo artesiano, provisto con bomba para elevar el agua a un pequeño tanque elevado para suplir las necesidades de los trabajadores o para limpieza del equipo. A las aguas servidas se les puede dar tratamiento por medio de una fosa séptica y zanjas de absorción.

La previsión y construcción de los drenajes de agua pluvial de toda el área es muy importante, en especial en el área del relleno. Se recomienda construir en ciertas partes el drenaje como canal a cielo abierto y en otras, donde exista la posibilidad de contaminación con la basura, se deberá usar tubería.

El trabajo de selección manual deberá hacerse sobre mesas construidas de mampostería y revestida de cemento alisado, para facilitar su limpieza y lavado. Deberá ser de la altura adecuada para trabajar de pie y con movilidad al frente.

7.5 PERSONAL Y EQUIPO PARA LAS AREAS DE:

a) Area de Clasificación.

Se necesitan: 4 peones en la mesa de clasificación.
1 peón en el almacenaje de materiales.
1 peón en la venta de materiales.

Equipo: 4 Rastrillos.
2 Carretillas con llanta de hule.
2 Palas.

b) Area del Relleno.

Se necesitan: 1 Tractorista.
6 Peones.

Equipo: 4 Carretillas con llanta neumática.
7 Palas, 2 Piochas, 2 horquillas,
4 rastrillos.

Todo el personal debe estar provisto de botas de hule, guantes, mascarillas y overoles.

Además el complejo de disposición final deberá estar bajo la responsabilidad de:

1 Administrador
1 Guardián

8. CONCLUSIONES:

1. **Prácticamente no hay servicio de recolección y disposición final de los residuos sólidos en la Ciudad de Escuintla, ya que los pequeños vehículos en que se hace el servicio de recolección actualmente, no cumplen con las condiciones básicas sanitarias ni de operación que se requieren. Considerando el servicio de limpieza inadecuado e insuficiente.**
2. **Es de suma importancia el establecimiento de un sistema de recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos en la Ciudad de Escuintla a corto plazo, para reducir la contaminación del medio ambiente, así como para darle a la población calidad de vida más sana y un lugar agradable para vivir.**
3. **El cuadro No. 8 muestra que el área de terreno requerida para disponer la basura de toda la ciudad por medio de un relleno sanitario, es muy grande; y solamente se cuenta con un terreno de 80,000 metros cuadrados, que fue donado para lugar de disposición final, el cual además de ser muy pequeño tiene el inconveniente de no reunir las características necesarias para la construcción de un relleno sanitario típico.**
4. **Ante la dificultad de obtener terrenos con las características adecuadas en las proximidades de la Ciudad de Escuintla, para disponer toda la basura producida por la población y los resultados en las tablas Nos. 6 y 8, se resuelve que la alternativa para solucionar el problema de la basura es la división del proceso en etapas, tomando como primera fase el área correspondiente a la ZONA No. 1 de la Ciudad por considerar que es la más contaminada por basura.**
5. **Es necesario establecer el funcionamiento de un tren de aseo, que preste los servicios de limpieza y recolección de basura a diario, de mercados y áreas públicas (calles, plazas, parques), así como de instituciones y centros educativos públicos cada 2 días. (Ver diseño de ruta en el anexo No. 3).**
6. **El servicio de limpieza domiciliar y comercial debe darse en concesión a empresas privadas, por considerar que pueden dar un servicio más eficiente, y para efectuar el servicio son necesarios 2 camiones con capacidad de 15 m³. en volumen y 5 ton. en peso, empleando 2 pilotos y 5 peones.**
7. **Ya que el volumen de basura orgánica que se enterrará diariamente es de 35.66 m³. (12.48 T/día), el relleno se puede operar manualmente, lo que contribuirá en disminuir los costos de inversión inicial, al no tener que comprar equipo pesado.**

Prácticamente se tiene asegurada por muchos años la disponibilidad de terreno para disposición de la basura de la primera etapa, ya que el material estabilizado naturalmente se tendrá que sacar cada 3.5 años

9. RECOMENDACIONES:

- 1. Elaborar un Reglamento para la Organización y Operación del servicio de limpieza en la Ciudad de Escuintla.**
- 2. Hacer campañas de Educación Sanitaria en toda la población, acerca de la importancia que tiene la buena disposición de la basura y de los daños a la salud pública que producen los botaderos a cielo abierto.**
- 3. La colocación de depósitos para basura en calles, áreas públicas, edificios públicos y escuelas. Estos depósitos deben contar con dispositivos o mecanismos para la fácil evacuación de la basura, por los recolectores.**
- 4. Proveer al personal que hace el barrido de calles, de carretas (tonelito con descarga por volteo), para acarrear la basura recolectada en su sector de trabajo hasta un depósito localizado en un punto preestablecido dentro de la ruta del camión recolector municipal.**
- 5. Colocar depósitos para basura dentro del mercado, para que los usuarios y los propietarios de las ventas no tiren la basura al suelo en los pasillos, los cuales deberán ser limpiados 2 veces al día.**
- 6. La colocación de contenedores en las proximidades de los mercados y lugares donde hay gran producción de basura. Los receptáculos deberán tener el fondo inclinado y liso para facilitar la extracción por medio de una compuerta en la parte frontal e inferior del mismo.**
- 7. La Municipalidad debe poner vigilancia y aplicar sanciones a las personas que boten basura en lugares no autorizados, para así evitar la aparición de basureros clandestinos.**
- 8. Promover la actividad de separación de componentes de los residuos sólidos para reutilizar o reciclar, contribuyendo a que el volumen de basura que llega al sistema de disposición sea menor.**
- 9. Es necesaria la división del proceso en etapas, ya que la capacidad del terreno disponible no es suficiente para recibir toda la basura producida en la ciudad, de donde surge la opción de establecer un punto de clasificación y la adaptación de un proceso de disposición similar al propuesto en el presente estudio, que pueda servir de modelo para aplicarlo en las siguientes fases del proyecto de limpieza en la Ciudad de Escuintla.**
- 10. Que la Municipalidad, conjuntamente con el sector Agro-industrial, establezcan áreas demostrativas, con el fin de impulsar el uso del compost y demostrar sus beneficios como acondicionador de los suelos.**

- 11.** Respecto al lugar de disposición de desechos sólidos se debe hacer una evaluación de impacto ambiental, requerido en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86.
- 12.** Para completar las etapas restantes del proyecto de limpieza, que la Municipalidad inicie inmediatamente la búsqueda de terrenos con las características adecuadas, para establecer lugares de disposición final de desechos sólidos, donde se puedan aplicar técnicas de disposición conocidas, que sean prácticas y económicas, y no tener que recurrir a opciones de costo muy elevado.
- 13.** Que la Municipalidad busque otras opciones de disposición final de los desechos sólidos para atender al resto de las zonas de la ciudad.

BIBLIOGRAFIA

1. Herrera Acabajón, Naaman
Diseño preliminar del Sistema de Recolección, Transporte y Disposición final de los Desechos Sólidos en la Ciudad de Esquipulas, Chiquimula.
Tesis de graduación de ingeniero civil, facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1,990.
2. Victor M. Ehlers, Ernest W. Steel.
Saneamiento Urbano y Rural
Editorial Cenroamericana S.A.
6a. edición, 1,982.
3. Opaso, U. y Cordero, S
Ingeniería Sanitaria aplicada a Saneamiento y Salud Pública.
Editorial Hispano Americana. 1a. edición
Mexico D.F. 1,969.
4. Guia para el Diseño, Construcción y Operación de un Relleno Sanitario Manual.
Departamento Administrativo de Planeación.
Medellin, Colombia.
Abril de 1,983.
5. Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de Mejoramiento de los servicios de Area Urbana.
- Ciclo Aseo urbano.
- Modulo Recolección de Resíduos Sólidos,
manual de instrucción.
Preparado por: Ing. Francisco Galvez Von Collas.
6. Improvement of Solid Waste Management in Developing Countries.
Kunitoshi Sakurai
Institute for International Cooperation.
Japan International Cooperation Agency.
December 1,990.
7. Gestión Integral de Resíduos Sólidos.
Volumen I
George Tchosanoglous, Hilary Thiesen, Samuel Vigil.
8. Ing. Amando Vides Tobar.
Analisis y Control de Costos de Ingeniería.
Editorial Piedra Santa, Guatemala 1,978
Tomo I.

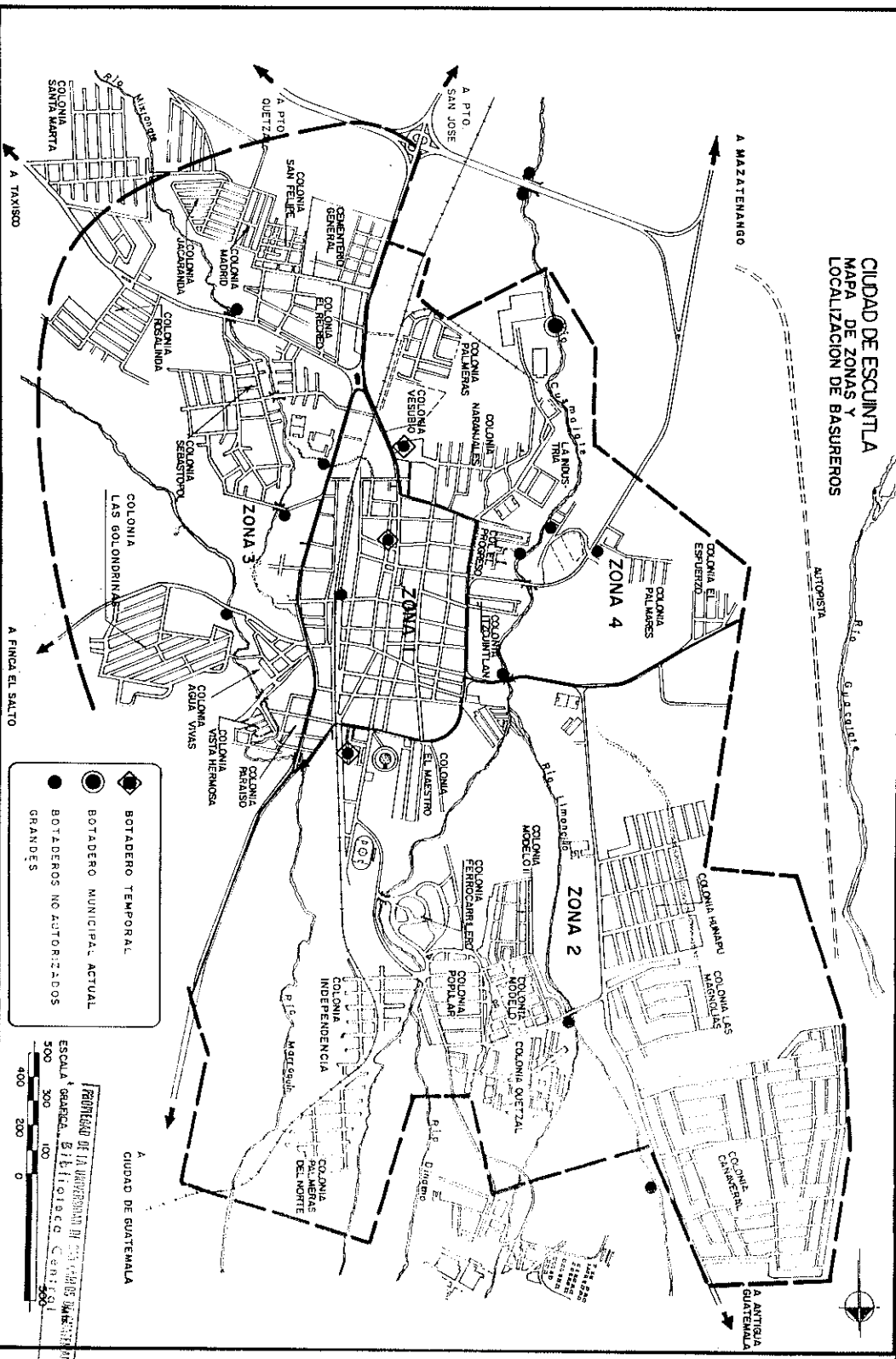
9. Diccionario Geográfico de Guatemala.
Tipografía Nacional de Guatemala, 1981.
10. Directorio Estadístico Comercial.
Camara de Comercio, 1,994

INSTITUCIONES CONSULTADAS.

1. Instituto Nacional de Estadística.
X Censo Nacional de Población y V de Habitación.
1,994.
2. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
(INSIVUMEH).

ANEXO No. 1

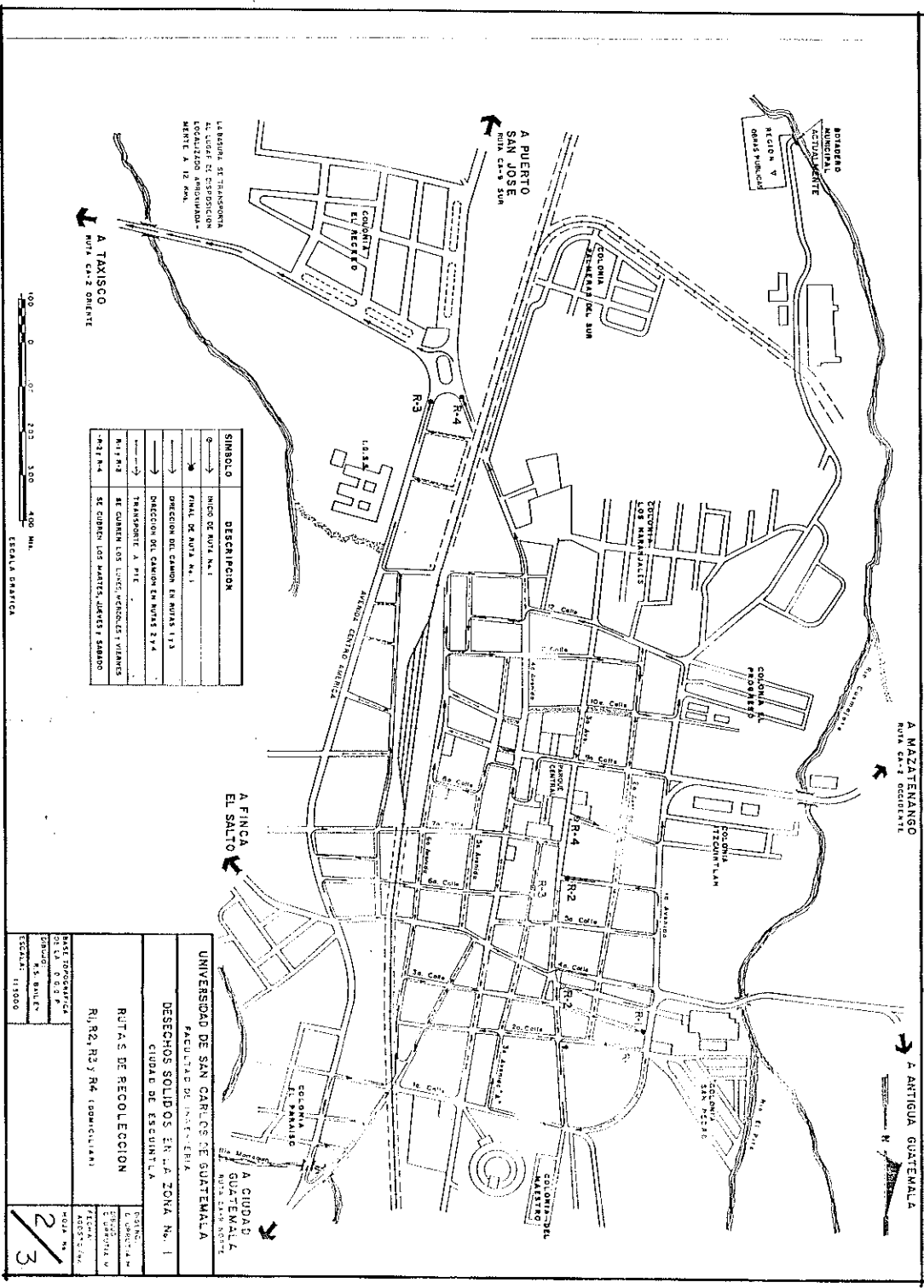
CIUDAD DE ESCUINTLA
MAPA DE ZONAS Y
LOCALIZACION DE BASUREROS



A CIUDAD DE GUATEMALA

PROYECTO DE LA UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
 ESCALA 1:5000
 500 300 100 0
 400 200 0

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICAS
PROYECTO DE LA UNIVERSIDAD DE GUATEMALA	ESCALA 1:5000
500 300 100 0	400 200 0
3	



LA MANERA DE TRANSPORTAR
 AL LUGAR DE DISPOSICION
 LOCALIZADO ANTERIORMENTE
 MENTE A 12 MM.

SIMBOLO	DESCRIPCION
○	INICIO DE RUTA No. 1
●	FINAL DE RUTA No. 1
→	DIRECCION DEL CAMION EN RUTAS 1 Y 3
→	DIRECCION DEL CAMION EN RUTAS 2 Y 4
→	TRANSPORTE A PIE
→	SE GUARDEN LOS MATERIALES JUEVES Y SABADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
DESECHOS SOLIDOS EN LA ZONA No. 1
 CIUDAD DE ESQUINTLA

RUTAS DE RECOLECCION
 R1, R2, R3 y R4 (DOMICILIARI)

FECHA DE ELABORACION	15/05/2010
ELABORADO POR	ING. J. B. BALEN
ESCALA	1:1000
HOJA No.	2
TOTAL	3

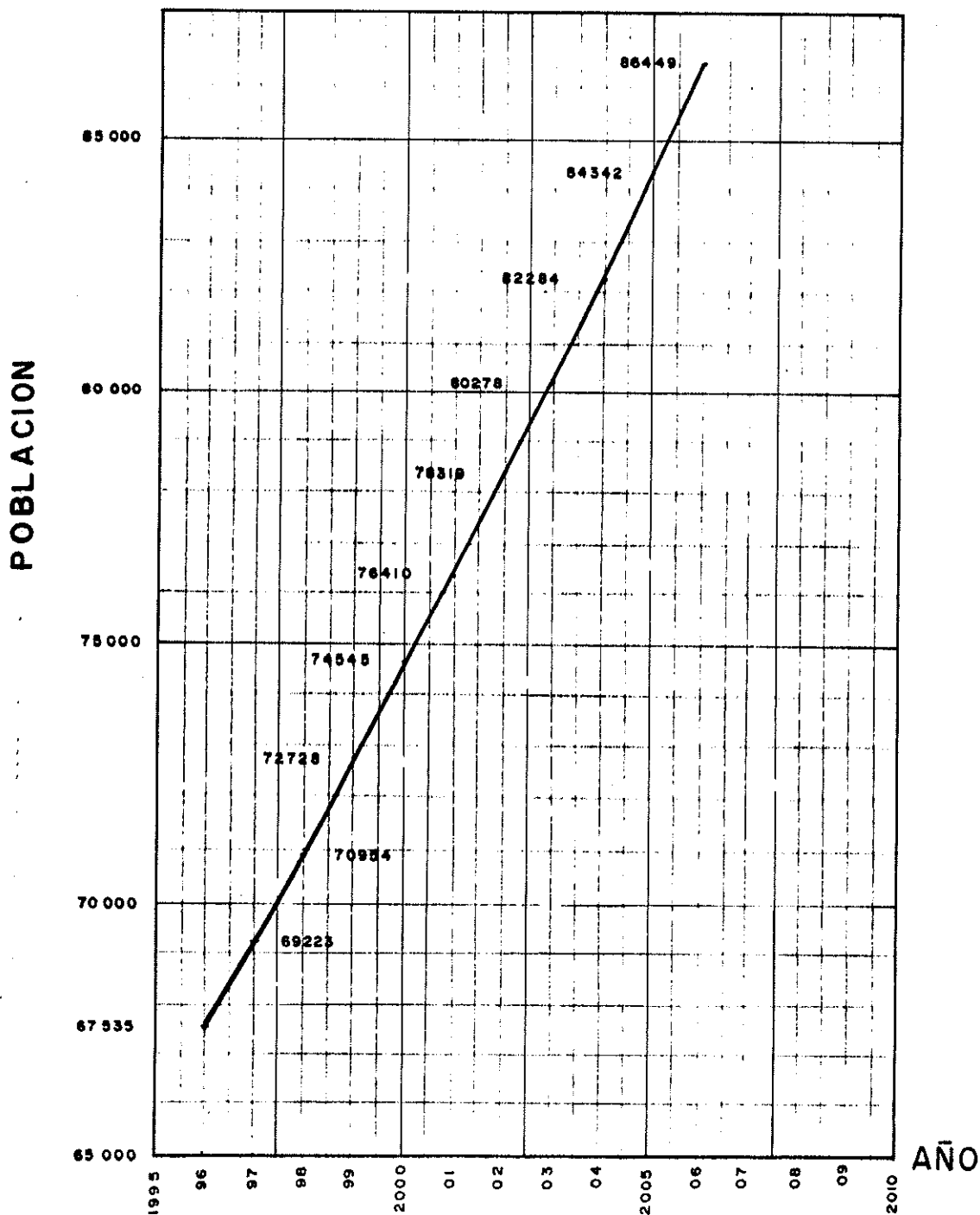
ANEXO No. 2

ESTIMACION DE POBLACION

CIUDAD DE ESCUINTLA

1996 - 2006

INCREMENTO GEOMETRICO CON
TASA DE CRECIMIENTO DEL 2.5%



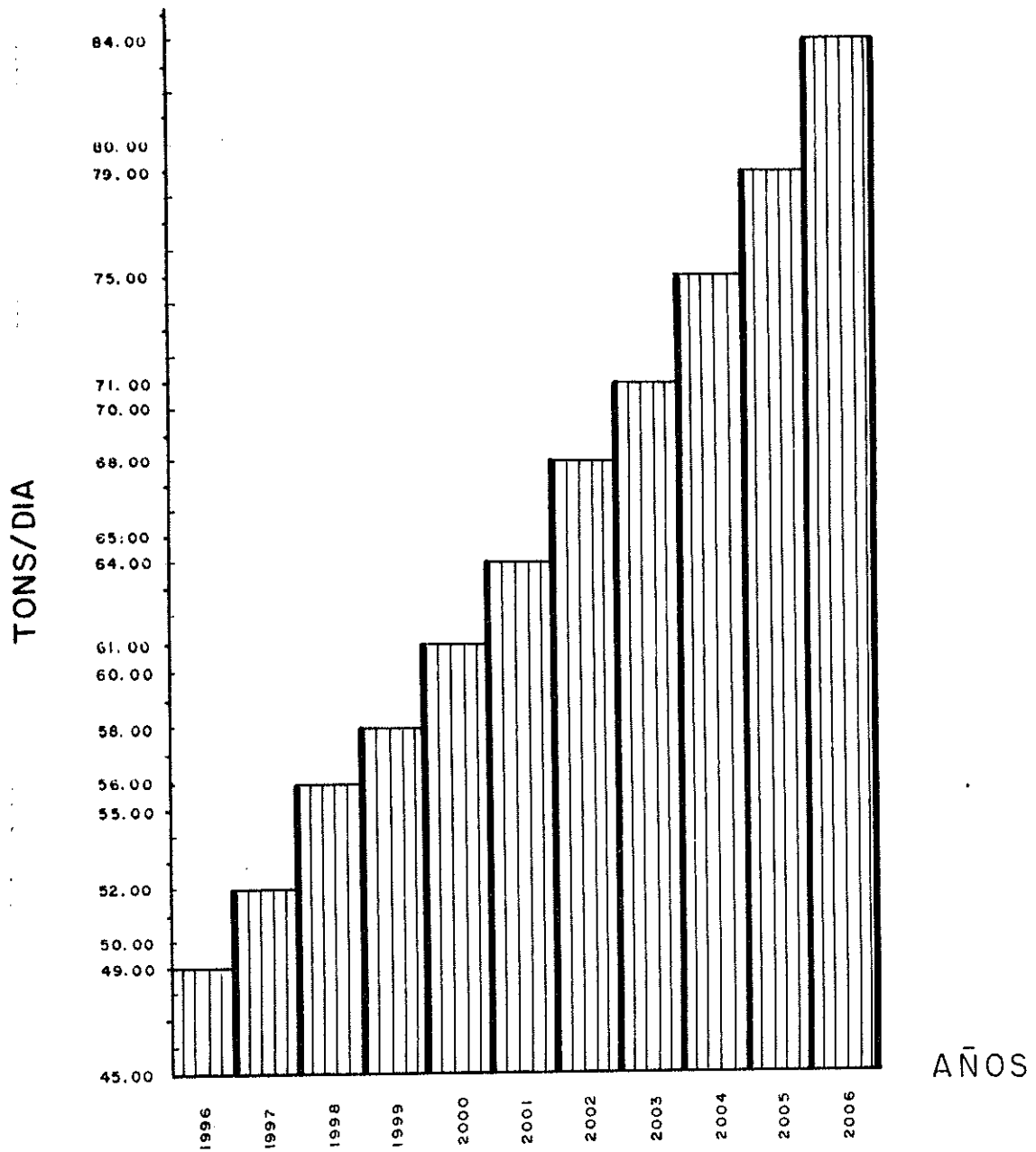
PRODUCCION DIARIA DE BASURA

TODA LA CIUDAD DE:

ESCUINTLA

1996 - 2006

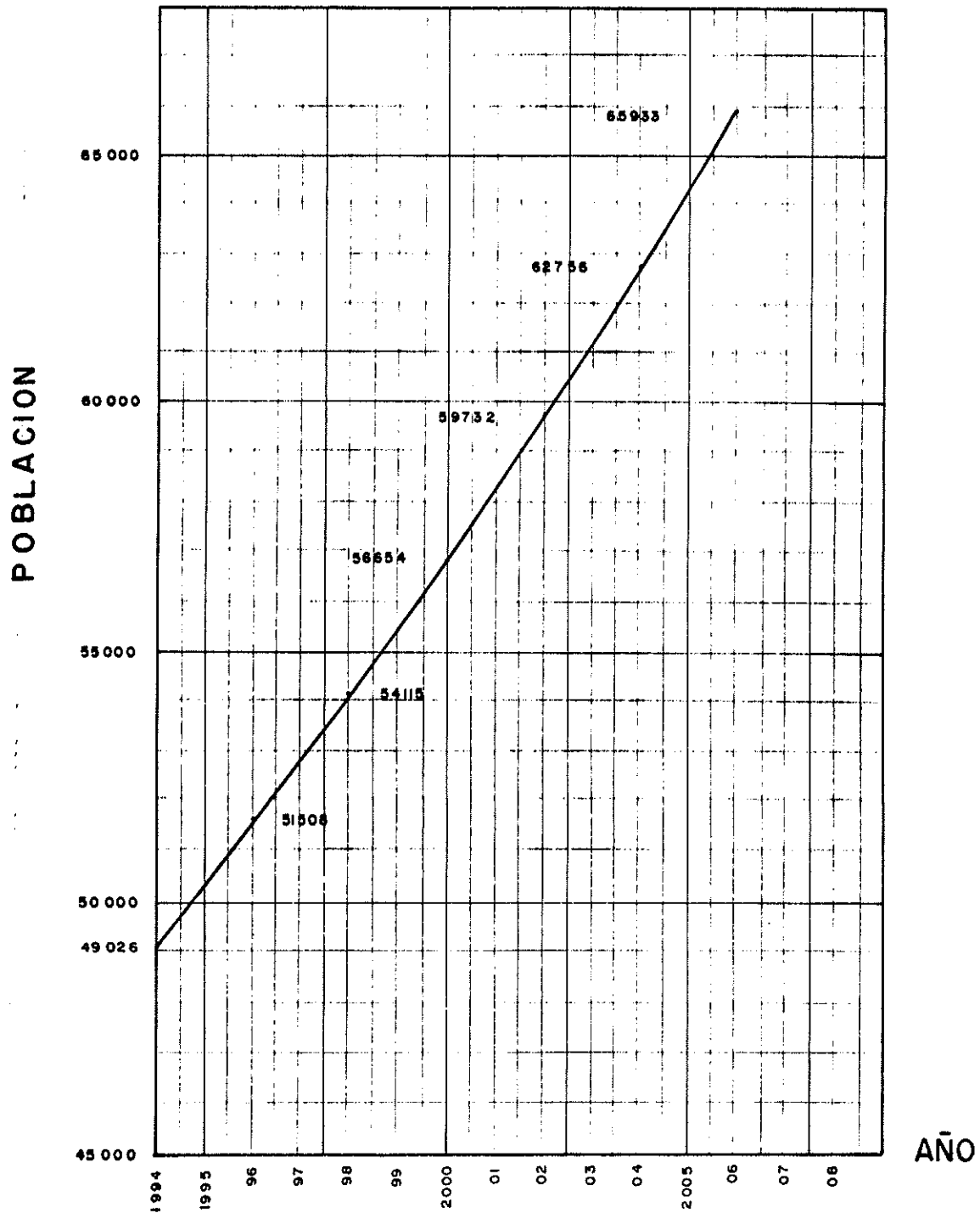
VER CUADRO No. 6



ESTIMACION DE POBLACION

AREA URBANA DE LA CIUDAD
DE ESCUINTLA
1996 - 2006

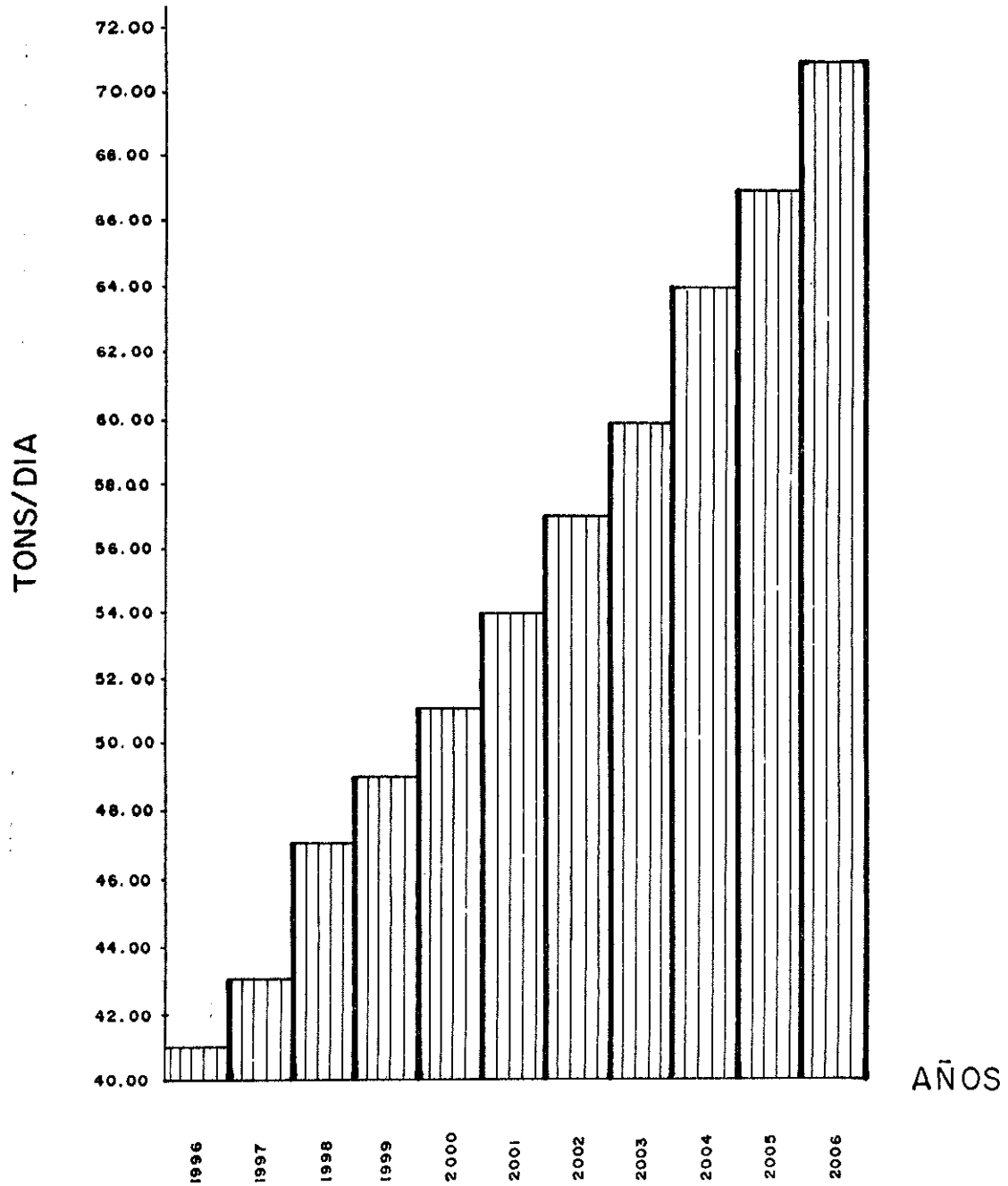
INCREMENTO GEOMETRICO CON
TASA DE CRECIMIENTO DEL 2.5%



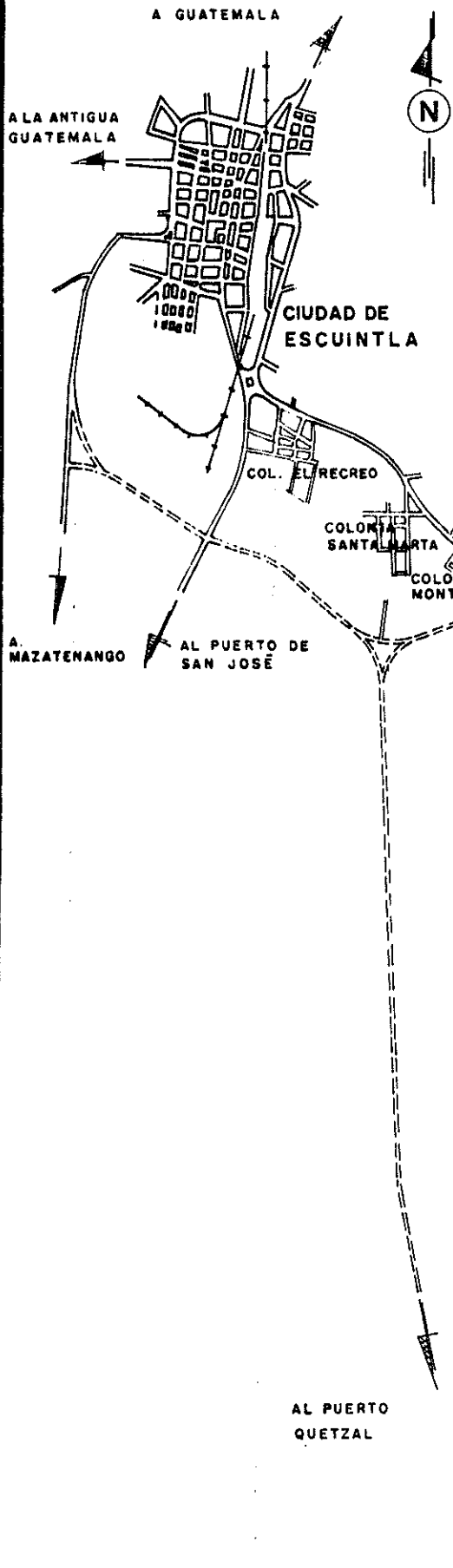
PRODUCCION DIARIA DE BASURA

AREA URBANA DE LA CIUDAD
DE ESCUINTLA
1996 - 2006

VER CUADRO No. 5



ANEXO No. 3



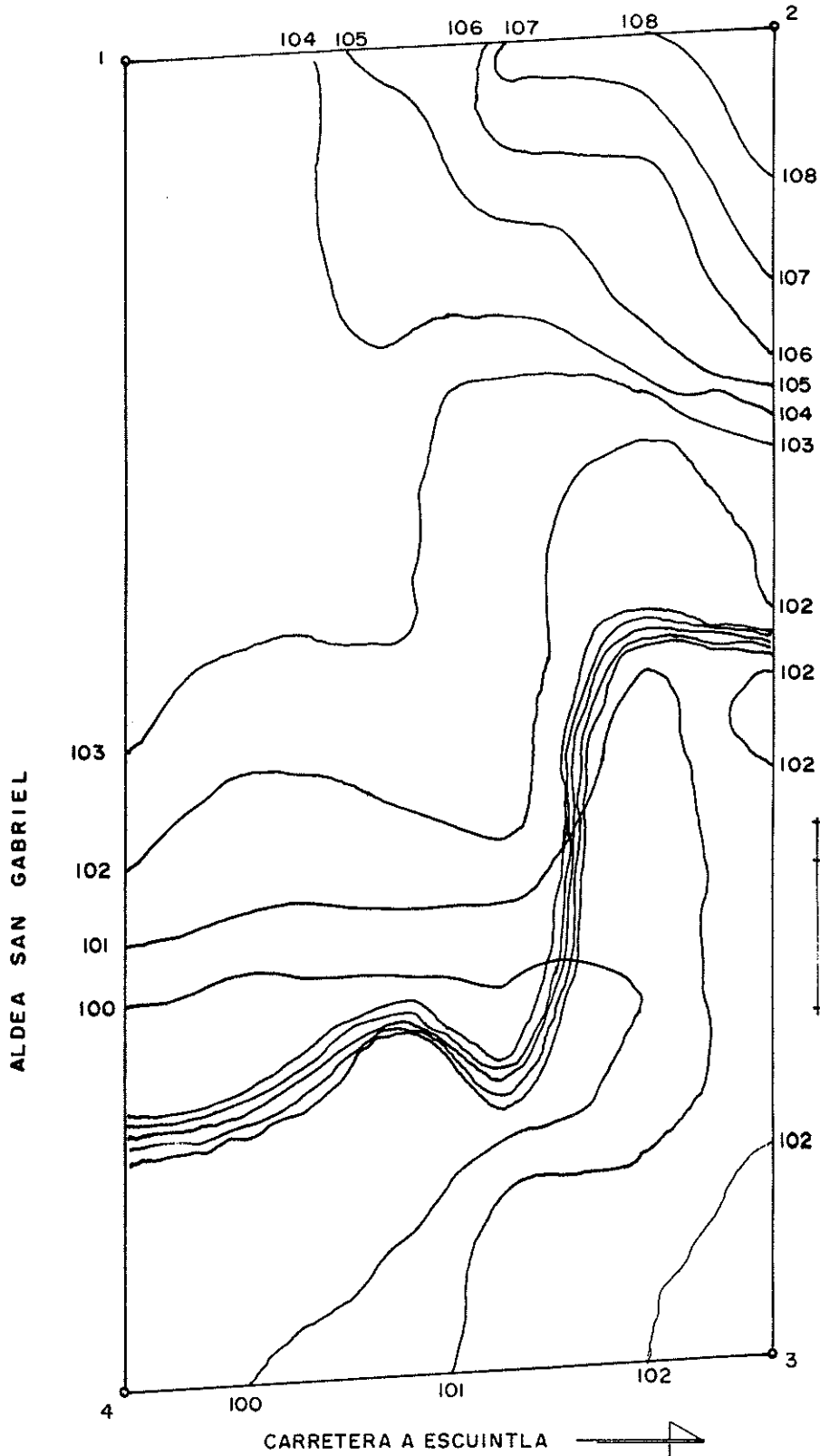
PLANO DE LOCALIZACION

TERRENO PARA DISPOSICION FINAL DE LA BASURA

DISTANCIA: Aproximadamente 10.5 Kms..

ESC: 1:50 000

GRANJA PENAL CANADA



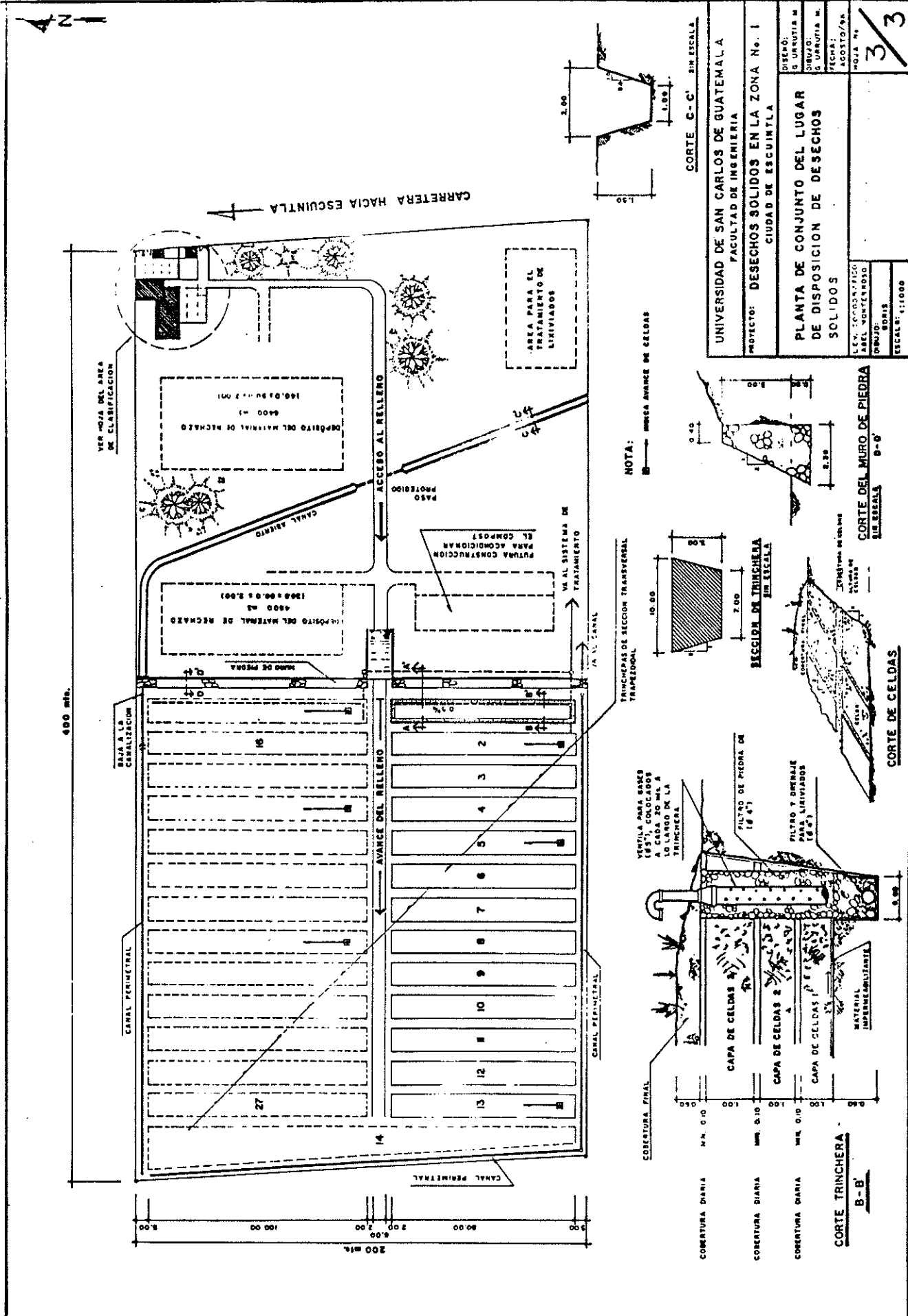
EST.	DISTANCIA
1-2	200.00 mts.
2-3	400.00 mts.
3-4	200.00 mts.
4-1	400.00 mts.

ESCALA. 1:2000

PROYECTO: **DESECHOS SOLIDOS EN LA ZONA No. 1**

CURVAS DE NIVEL

0A



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DESECHOS SOLIDOS EN LA ZONA No. 1 CIUDAD DE ESCUINTLA	
PLANTA DE CONJUNTO DEL LUGAR DE DISPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS	
DISEÑO:	URQUIITA M.
DIBUJO:	URQUIITA M.
FECHA:	AGOSTO/84
HOJA No.	3/3
ESCALA:	1:1000

NOTA: AVANCE DE CELDAS

TRANCHEAS DE SECCION TRANSVERSAL TRAPEZOIDAL

VENTILA PARA BASES (EST.) COLOCADOS EN EL LARGO DE LA TRINCHERA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA FINAL

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COBERTURA DIARIA

COORTE TRINCHERA
B-B'

COORTE DEL MURO DE PIEDRA
B-B'

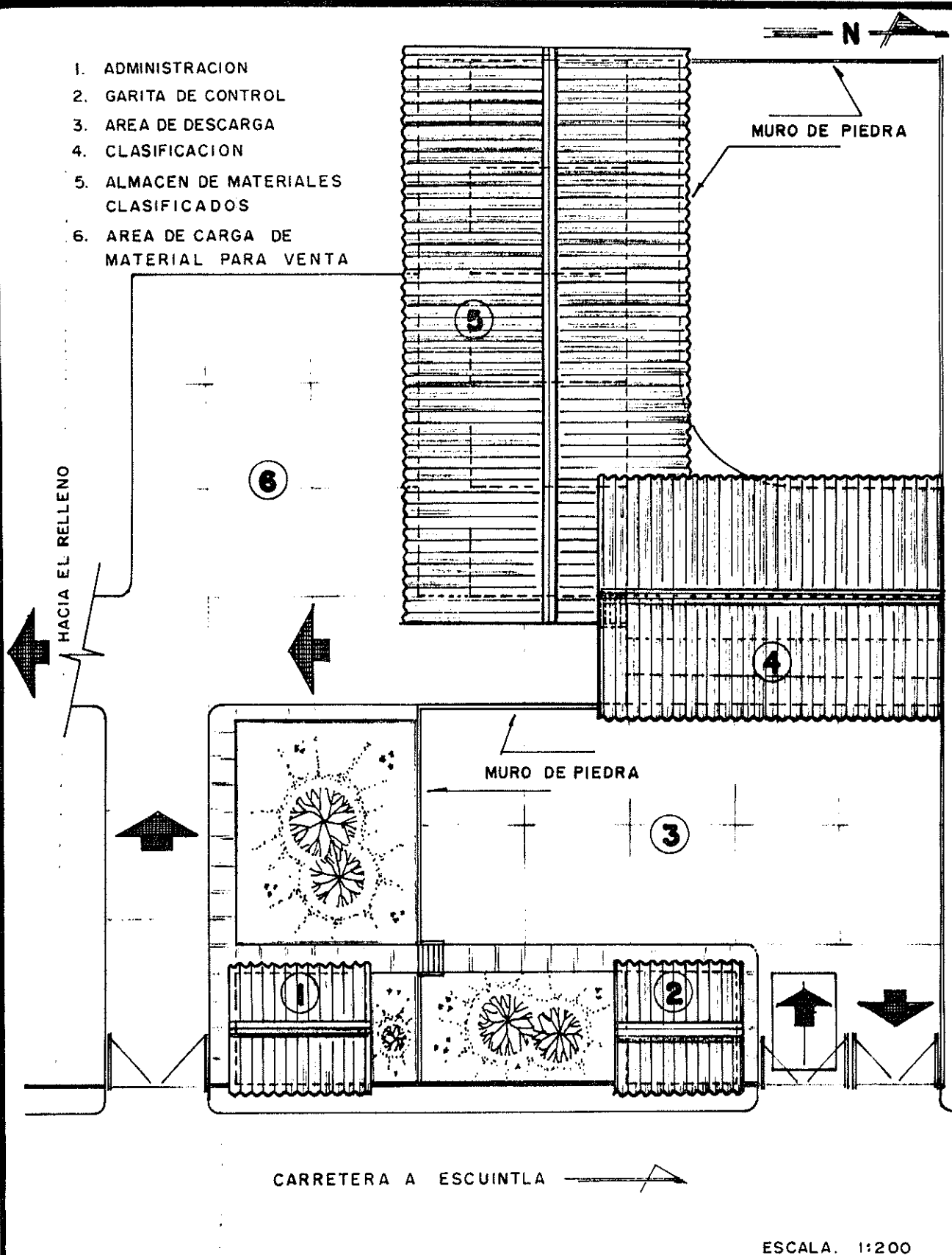
SECCION DE TRINCHERA
B-B'

COORTE TRINCHERA
B-B'

COORTE TRINCHERA
B-B'

COORTE TRINCHERA
B-B'

1. ADMINISTRACION
2. GARITA DE CONTROL
3. AREA DE DESCARGA
4. CLASIFICACION
5. ALMACEN DE MATERIALES CLASIFICADOS
6. AREA DE CARGA DE MATERIAL PARA VENTA



ESCALA. 1:200

PROYECTO: **DESECHOS SOLIDOS EN LA ZONA No. 1**

AREA DE CLASIFICACION DE BASURAS

3A

CANAL PERIMETRAL

MURO DE PIEDRA

VENTILA

FILTRO

CELDA DEL DIA

SECCION A-A'

PARED DE TRINCHERA

RECUBRIMIENTO IMPERMEABILIZANTE

FONDO DE TRINCHERA

3%

0.80

TUBO PERFORADO

0.60

TUBO Ø 6"

90°

DRENAJE DE LIXIVIADOS

AL SISTEMA DE TRATAMIENTO

SIN ESCALA

PROYECTO: **DESECHOS SOLIDOS EN LA ZONA No. 1**

DETALLE DEL DRENAJE DE LIXIVIADOS

3B

ANEXO No. 4

DRENAJE DE LIQUIDO PERCOLADO

Para dimensionar la tubería del líquido percolado, se calcula el caudal de agua de lluvia que cae en el área total del relleno, ya que será el cálculo determinante para su diseño. El caudal de agua pluvial se calcula en base a la fórmula racional:

$$Q = (C \times I \times A)/360$$

- C: Coeficiente de escorrentía del terreno = 0.15
I: Intensidad de lluvia promedio sobre el área drenada (mm/hora). Se calculará en base a la fórmula: $I = 13455.2/t + 104.14$, para la estación del INSIVUMEH ubicada en El Pito Chicolá, Suchitepequez; para un tiempo de concentración de 12 min., $I = 115.861$.
A: Área a Drenar en Hectareas. $A = 4$ ha.

$$Q = (0.15 \times 115.861 \times 4)/360 = 0.19310 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q = 0.19310 \text{ m}^3/\text{seg.} \times 1000 \text{ lts/m}^3 = 193.102 \text{ lts./seg.}$$

Estimando que solamente el 30% del caudal de lluvia, se infiltra entre el relleno:

$$Q = 193.102 \text{ lts./seg.} \times 0.30 = 57.93 \text{ lts./seg.}$$

Si este caudal se divide proporcionalmente entre las 28 zanjas, para determinar el caudal que habría que evacuar de cada zanja, se tiene:

$$Q = 57.93 \text{ lts./seg.} / 28 \text{ zanjas} = 2.07 \text{ lts./seg./zanja.}$$

Chequeando velocidad del flujo en un tubo de 6" con la fórmula:

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times S^{1/2}, \text{ donde } R = \text{Radio hidráulico.}$$

$S =$ Pendiente del tubo.

$n =$ Coeficiente/Rugosidad del mat. del tubo.

$$V = (1/n) \times (D/4)^{2/3} \times S^{1/2}.$$

$$V = (1/0.15) \times ((6 \times 0.0254)/4)^{2/3} \times (0.01)^{1/2}$$

$$V = 0.75 \text{ mts./seg. (Está entre el rango: } .6 < V < 3.00).$$

Para el drenaje del líquido lixiviado se usará tubo de PVC. de 6", perforado. (Ver detalle en el anexo No. 3).

ANEXO No. 5

ESTIMACION DEL COSTO DEL SISTEMA.

En el presente costo estimativo se incluyen solamente los gastos de equipo, operación y mantenimiento del servicio a los domicilios y comercios, ya que los costos de operación y mantenimiento del servicio municipal, están incluidos en el presupuesto de la Municipalidad.

a) Costo del Equipo y Materiales:

a.1) Relleno Sanitario.

-1 tractor de 74 HP, 1 transmisión 2200 RPM.	= Q. 95,000.00
-1 Carretón tipo RVH 3500, con capacidad para 7.5 m3. y 3,500 kg, con sistema de volteo hidraulico.	= Q. 22,000.00
-200 mts. de muro de piedra	= Q. 200,000.00
-1,200 mts. de cerco perimetral	= Q. 180,000.00
-250 mts. de Canalización del rio	= Q. 75,000.00
-250 mts. de drenaje de lixiviado	= Q. 15,000.00
-250 mts. de calle de acceso	= Q. 250,000.00
-Garage con área cubierta (50 mts2.)	= Q. 20,000.00
 Costo del equipo manual.	 = Q. 3,000.00
 TOTAL	 = Q. 860,000.00

a.2) Area de Clasificación

-Garita de Entrada y Guardiania (16 mt2.)	= Q. 13,000.00
-Area de Clasificación y Bodegas (355 mt2)	= Q. 175,000.00
-Administración (20 mt2.)	= Q. 16,000.00
-540 mts. de Muro de piedra (1 mt. alto).	= Q. 65,000.00
-600 mts2. en las áreas de descarga de basura y carga de Material para venta.	= Q. 120,000.00
 Costo del equipo manual.	 = Q. 2,000.00
 TOTAL	 = Q. 391,000.00

a.3) Recolección

-2 Camiones de 15 mt ³ . y 5 ton. con mecanismo de volteo.	= Q. 400,000.00
Costo del Equipo Manual.	= Q. 800.00
TOTAL	= Q. 400,800.00

b) Gastos de Operación y Mantenimiento.

b.1) Sueldos del personal del Relleno Sanitario.

-1 Operador de Tractor.	= Q. 1,000.00/mes
-1 Ayudante del Tractorista.	= Q. 600.00/mes
-5 Peones (3 a cargo de esparcir la basura y 2 a cargo del transporte del material de cobertura. Q. 600.00 c/u).	= Q. 3,000.00/mes
-Prestaciones laborales (65%).	= Q. 2,990.00/mes
TOTAL	= Q. 7,590.00/mes

-Gastos de Operación del tractor.

El trabajo del tractor en el relleno será de 5 horas/día, lo que hace 30 hrs./semana y 120 al mes.

-Estimando un consumo de 1.5 gal/hora.

$$120 * 1.5 = 180 \text{ gal.} * Q.9.60 = Q. 1,728.00/\text{mes}$$

-Mantenimiento: Cambio de aceite, grasa, revisión de niveles:

$$Q. 600.00 \text{ c/4 meses.} = Q. 150.00/\text{mes}$$

-Reparación y Repuestos.

$$= Q. 500.00/\text{mes}$$

$$\text{TOTAL} = Q. 2,378.00/\text{mes}$$

-Depreciación.

-Costo del tractor	= Q. 95,000.00.	
-Vida útil	= 3.5 años.	
-Valor de Rescate	= Q. 20,000.00	
-Depreciación = $(95000-20000)/3.5$		= Q. 21,400.00 año
-Depreciación mensual.		= Q. 1,786.00/mes

b.2) Sueldos del personal del Area de Clasificación.

-1 Administrador.		= Q. 1,200.00/mes
-1 Guardian.		= Q. 800.00/mes
-4 Peones en clasificación (Q.650.00 c/u)		= Q. 2,600.00/mes
-2 Peones en la bodega (Q.650.00 c/u)		= Q. 1,300.00/mes
-Prestaciones laborales (65%).		= Q. 3,835.00/mes
TOTAL		= Q. 9,735.00/mes

b.3) Sueldos del personal de Recolección.

-2 Pilotos (Q. 1,000.00 cada persona).		= Q. 2,000.00/mes
-5 Peones (Q. 650.00 cada persona).		= Q. 3,250.00/mes
-Prestaciones laborales (65%).		= Q. 3,413.00/mes
TOTAL		= Q. 8,663.00/mes

Gastos de Operación de los Camiones.

- Recorrido mensual (Ruta + viajes de ida y regreso al sitio de disposición: 750 kms/mes).

- Considerando un rendimiento del combustible para el camión de 15 kms/galon. (tomando en cuenta el recorrido a baja velocidad durante la recolecta y la marcha a velocidad constante en su trayecto hacia el relleno cuando va cargado y descargado al regreso).

- Consumo de Combustible en la ruta domiciliar:
 $(750 \text{ kms.}/(15 \text{ kms/gal})) * 9.60 \text{ gal.}$ = Q. 480.00/mes

-Asumiendo que el recolector del servicio comercial tendrá el mismo consumo: = Q. 480.00/mes

TOTAL = Q. 960.00/mes

Mantenimiento y Servicio de los vehículos.

- Neumáticos: 1 juego de 6 llantas cada año, con un costo aproximado de Q. 1,200.00 por llanta.

-2 Camiones de 15 mt³. y 5 ton.
Q. 14,400/12 = Q. 1,200.00/mes

-Cambio de aceite, engrase, revisión de niveles: Q.600.00 cada 3000 kms. por camión.
2 camiones = Q. 1,200.00/4 meses. = Q. 300.00/mes

-Reparación y Repuestos. (Q.600.00 c/veh.) = Q. 1,200.00/mes

TOTAL = Q. 2,700.00/mes

Depreciación.

-Costo del Camión = Q.200,000.00, con una vida útil de 4 años y un valor de rescate de Q.25,000.00.

-Depreciación = $(200,000-25,000)/4$ años. = Q.40,000.00/año
Depreciación de los 2 vehículos. = Q. 6,667.00/mes

RESUMEN DE GASTOS GENERALES

a)	RELLENO SANITARIO:		
a.1)	Costo de Equipo y Materiales.	Q.	860,000.00
a.2)	Gastos de Operación y Mantenimiento.		
	Mano de Obra.	Q.	7,590.00/mes
	Operación	Q.	1,728.00/mes
	Mantenimiento	Q.	2,378.00/mes
	Depreciación	Q.	1,786.00/mes
	TOTAL (Gastos de Op. y Mant.)	Q.	15.860.00/mes
b)	AREA DE CLASIFICACION:		
b.1)	Costo de Equipo y Materiales.	Q.	391,000.00
b.2)	Gastos de Operación y Mantenimiento.		
	Mano de Obra	Q.	9,735.00/mes
	TOTAL (Gastos de Op. y Mant.)	Q.	9,735.00/mes
c)	RECOLECCION Y TRANSPORTE DE BASURA:		
c.1)	Costo de Equipo y Materiales.	Q.	400,800.00
c.2)	Gastos de Operación y Mantenimiento.		
	Mano de Obra.	Q.	8,663.00/mes
	Operación.	Q.	960.00/mes
	Mantenimiento.	Q.	2,700.00/mes
	Depreciación.	Q.	6,667.00/mes
	TOTAL (Gastos de Op. y Mant.)	Q.	18,990.00/mes

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central